This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Gj-K

BOUND 1938

HARVARD UNIVERSITY.

WHITNEY LIBRARY,

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOÖLOGY.

21,427

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Achter Jahrgang:

1890.

Berlin.
Verlag von Julius Springer
1890.

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhalts-Verzeichniß.

I. Mittheilungen der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Seite

Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1889/90 271

II. Mittheilungen aus der mechanisch-technischen Versuchsanstalt.

Entwurf zu einer Schmieröl-Probirmaschine. Von Prof. A. Martens 1
Papierprüfung und Praxis. Von W. Herzberg 8
Nachweis von Harzöl in fetten und Mineral-Oelen. Von Dr. Holde 19
Vergleichende Untersuchung von Vorrichtungen und Verfahren zur Bestimmung des Kältepunktes und des Flammpunktes von Schmierölen. Von Prof. A. Martens 53
Ueber den Säuregehalt pflanzlicher Oele. Von Dr. Holde. 78
Adonsonia-Papier. Von W. Herzberg 82
Aschengehalt verschiedener Papierrohstoffe. Von W. Herzberg 89
Ueber den Einfluß der Dicke auf die Festigkeitseigenschaften von Papier. Von W. Herzberg 92
Untersuchung einer Festigkeitsprobirmaschine, Bauart Tangy Broth's. Von M. Rudeloff 109
Die Sicherheit der qualitativen Holzschliffbestimmung. Von W. Herzberg 132
Bütten-Aktendeckel. Von W. Herzberg 141
Ueber die Bestimmung des Flüssigkeitsgrades von Schmieröl. Von Prof. A. Martens 143
Eine vereinfachte Vorrichtung zur maßanalytischen Bestimmung des Säuregehaltes in Oelen. Von Dr. Holde 151
Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften des Eisens. Von Prof. A. Martens 159
Untersuchung dreier Härteprüfer (System Martens). Von Prof. A. Martens . . 215
Ueber Einrichtung und Ziele der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt. Von Prof. A. Martens 237
Einfluß der Reibungswiderstände zwangläufiger Einspannklauen auf die Ergebnisse von Festigkeitsversuchen. Von M. Rudeloff 250
Ueber Härtebestimmungen. Von Prof. A. Martens 277
Vergleichende Untersuchungen von Kesselblechen aus Thomas-, Siemens-Martin- und Schweißeisen. (Theil II.) Von M. Rudeloff 289
Ueber ein kautschukhaltiges Mineralöl. Von Dr. Holde 308
Ueber die Löslichkeit der Mineralöle in Benzin. Von Dr. Bender. 311

Digitized by Google

III. Mittheilungen aus der chemisch-technischen Versuchsanstalt.

Seite

Verfahren zur Vergleichung der Erstarrungspunkte verschiedener Talgsorten. Von Prof. Dr. Finkener 153

IV. Mittheilungen aus der Prüfungs-Station für Baumaterialien.

Cementuntersuchungen aus den Betriebsjahren 1887/88 und 1888/89. Von Prof. Dr. Böhme 22

Untersuchungen von weißem Marmor aus den der Aktien-Gesellschaft für Marmor-Industrie Kiefer in Kiefersfelden (Oberbayern) gehörigen Marmorbrüchen des Untersberges. Von Prof. Dr. Böhme 94

Untersuchungen von weißem Sandstein aus einem dem Herrn Steinmetzmeister Carl Schilling in Berlin gehörigen Steinbruche in Friedersdorf bei Eudova (Heuscheuergebirge). Von Prof. Dr. Böhme. 100

Untersuchungen von sechs Bruchsteingattungen aus den dem Herrn Rud. Ebert zu Wurzen in Sachsen gehörigen Steinbrüchen. Von Prof. Dr. Böhme 102

Untersuchung eines Kalkes aus dem Kalkwerk Schulz zu Sötenich in der Eifel. Von Prof. Dr. Böhme 106

Berichtigung 158

Vergleichende Untersuchungen von Puzzolan-, Portland- und Roman-Cementen. Von Prof. Dr. Böhme 256

V. Kleinere Mittheilungen.

Ueber die Veränderung des Papiers beim Lagern. W. Herzberg 50

Ueber die Brechungskoeffizienten von fetten Oelen, Mineralölen und Harzölen. Dr. Holde 269

Hierzu sind 2 Ergänzungshefte erschienen, enthaltend:

Heft I. Versuche über die Beiz- und Rostsprödigkeit des Eisens und Stahls. Ausgeführt im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten. Bericht des Professors A. Ledebur in Freiberg nebst den Versuchsergebnissen der mechanisch-technischen Versuchsanstalt. (36 Seiten) . . . . . Preis M. 3,—

Heft II. Untersuchungen mit Eisenbahnmaterialien. Ausgeführt im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten. Von Prof. A. Martens. (54+204 Seiten und 5 Tafeln.) . . . . . „ „ 30,—

Digitized by Google

WHITNEY LIBRARY,
MUS. COMP. ZOOL.

JUN 24 1933

21,427

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Achter Jahrgang: 1890.

Erstes Heft.

Mit einer lithographirten Tafel.

Berlin.

Verlag von Julius Springer

1890.

Digitized by Google

Seit 1883 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

I. Mittheilungen der Königlichen Aufsichts-Kommission. Seite

(Fehlen.)

II. Mittheilungen aus der mechanisch-technischen Versuchsanstalt.

1. Entwurf zu einer Schmieröl-Probirmaschine. Vom Vorsteher, Professor A. Martens 1
2. Papierprüfung und Praxis. Von W. Herzberg. Erster Assistent der Abtheilung für Papierprüfung 8
3. Nachweis von Harzöl in fetten und Mineralölen. Von Dr. Holde, Assistent der Abtheilung für Oelprüfung 19

III. Mittheilungen aus der chemisch-technischen Versuchsanstalt.

(Fehlen.)

IV. Mittheilungen aus der Prüfungs-Station für Baumaterialien.

1. Cementuntersuchungen aus den Betriebsjahren 1887/88 und 1888/89. Vom Vorsteher, Professor Dr. Böhme 22

V. Kleinere Mittheilungen.

1. Ueber die Veränderung des Papiers beim Lagern. W. Herzberg 50

Digitized by Google

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.
Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

VIII. Jahrgang. 1890. Erstes Heft.

II. Mittheilungen aus der mechanisch-technischen Versuchsanstalt.

1. Entwurf zu einer Schmieröl-Probirmaschine.

Vom Vorsteher, Professor A. Martens.

Als eine wichtige Aufgabe der Versuchsanstalt dürfte es anzusehen sein, durch Vereinfachung und Erleichterung der Prüfungsmethoden immer mehr Gelegenheit zur Erlangung eines zuverlässigen Urtheils über den Werth oder Unwerth von Materialien zu schaffen. Aus den Interessentenkreisen heraus ist vielfach der Wunsch ausgesprochen worden, genau die gleiche Maschine für die mechanische Erprobung der Schmieröle zu besitzen, wie sie von der Versuchsanstalt benutzt wird. Diese von mir lediglich für die Zwecke der Versuchsanstalt konstruirte Maschine ist aber in großen Verhältnissen erbaut und mit allerlei Vorkehrungen versehen, welche für Prüfungen, die nur praktischen Zwecken dienen sollen, recht wohl entbehrt werden können. Der theure Anschaffungspreis ist demgemäß in solchen Fällen ein Hinderniß für die allgemeine Benutzung der großen Maschine und ich habe mich deswegen aus den oben genannten Gründen dazu entschlossen, eine kleinere Maschine zu entwerfen, welche in ihren wesentlichen Theilen gleiche Abmessungen und ähnliche Einrichtungen hat wie die Maschine der Versuchsanstalt. Der Entwurf ist auf Taf. 1 dargestellt worden. Es sind selbstverständlich alle bei der Benutzung der großen Maschine gewonnenen Erfahrungen benutzt worden, um zu einer möglichst vollkommenen Bauart zu gelangen.

Die Maschine besteht in ihren wesentlichen Theilen aus der Welle mit dem Versuchszapfen, welche durch Riementrieb auf 200 Umdrehungen in der Minute gebracht wird, aus dem auf dem Zapfen reitenden Pendelkörper, welcher die Lagerschalen trägt, aus einer Wasserkühlung, welche die Wärme der Schmierschicht regelt und aus einer Schreibvorrichtung, welche auf endloses Papier den Pendelausschlag als Schaulinie verzeichnet.

Um nach Wunsch auch andere Geschwindigkeiten als 200 Umdrehungen in der Minute zu ermöglichen, ist neben der Riemenscheibe Platz für eine zweite gelassen worden. Bei der großen Maschine ist ein Regulator angebracht, welcher die Geschwindigkeit der Maschine so regelt, daß sie auch bei langen Prüfungen und bei Schwankungen der

Digitized by Google

Geschwindigkeit der Wellenleitungen nahezu gleich bleibt. Bei dem neuen Entwurf ist vorausgesetzt, daß die Versuche jedesmal nur 1 bis $1^1/_2$ Stunden dauern werden und daß die Geschwindigkeitsschwankungen der Zuleitungen während dieser Zeit nur gering sind. Die Anbringung eines Deckenvorgeleges mit Ausrückvorrichtung ist gleichfalls Voraussetzung. Alle mit der Hauptwelle laufenden Massen müssen gut zentrirt sein und deshalb ist die Riemenscheibe nicht mit Speichen versehen.

Die Welle ist, da sie nur kurz ist, der Länge nach durchbohrt, so daß man von hinten her in den hohlen Versuchszapfen ein Wasserzuleitungsrohr einführen kann, durch welches der Zapfen mittelst einer Brausevorrichtung gekühlt oder erwärmt werden kann. Bei der großen Maschine ist diese Wasserkühlung nachträglich angebracht worden; sie mußte hier von vorn in den Zapfen eingeführt werden und ist deswegen bei jedem neuen Versuch immer wieder neu einzubauen, was neben Zeitverlusten manche anderen Unbequemlichkeiten mit sich bringt. Wie Taf. 1 Fig. 1—14 ergeben, kann jetzt die Leitung ein für alle Mal hergestellt werden und sie ist nur mit der Wasserleitung oder mit einem Wasser-, beziehentlich Dampfbade zu verbinden, je nachdem ob gekühlt oder erwärmt werden soll. Der Wasserausfluß erfolgt durch die hohle Welle ebenfalls nach hinten, wie aus der Zeichnung hervorgeht. Diese Vorrichtung zur Regulirung der Wärme im Versuchszapfen ist eine nothwendige Einrichtung. Wie in den Berichten „Ueber Schmierölunterſuchungen" Ergänzungshefte III 1888 u. V 1889 ausführlicher besprochen, ist der Reibungskoeffizient in beträchtlichem Maße von der Wärme der Schmierschicht abhängig. Man kann aber auf praktisch einfache Weise nur die Ergebnisse von Versuchen vergleichen, die unter völlig gleichen Bedingungen ausgeführt wurden und deswegen muß die Lagerschalenwärme jeweils auf einen ganz bestimmten Grad gebracht werden. Um die Brause vor Verstopfung zu schützen, ist vor dem Eintritt in die Wasserzuleitung eine Einrichtung zum leichten Einlegen eines engmaschigen Drahtsiebes angebracht. Die Brause wird auf das Zuleitungsrohr durch das verschließbare Loch in der Stirnseite des Zapfens aufgeschraubt. Der Verschlußdeckel des Zapfens trägt mit einem Stift den Brausenkopf, so daß letzterer seine Lage im Hohlraum nicht ändern kann; der Deckel ist mit Bajonetverschluß versehen und mit Mennigekitt zu dichten.

Der Versuchszapfen erhält einen äußeren Durchmesser von 100 und eine Länge von 70 mm. Er ist aus zähem dichtem Stahl herzustellen und ganz gleichmäßig in Oel zu härten. Seine Lauffläche muß ganz außerordentlich sauber und vollkommen rundlaufend geschliffen und hochglanz-polirt sein. Am besten geschieht das Schleifen in der Maschine selbst. Die kleinste sichtbare Ungenauigkeit im Lauf stört den Versuch; es ist deswegen ganz außerordentlicher Werth auf die richtige Herstellung und Erhaltung dieses Haupttheiles der Maschine zu legen. Auch die Aufstellung muß sehr sorgfältig bewirkt werden, so daß der Zapfen ganz genau horizontal liegt, da sonst der Pendelkörper nicht in der mittleren Lage verbleiben wird. Bei der Maschine der Versuchsanstalt ist der Zapfen nach geschehener Aufstellung mittelst einer Schmirgelscheibe genau rund gemacht, mittelst Kluppe mit Bleibacken nachgeschliffen und dann mit Polirroth polirt. Die Lagerschalen des Pendelkörpers sind zuerst durch Schaben sehr sorgfältig und möglichst genau auf den Zapfen gepaßt und haben dann unter Hinzufügung von Polirroth und Oel wohl 14 Tage einlaufen können. Dies Einlaufen geschah so lange, bis bei einer Anzahl von Versuchen mit ganz reinem Rüböl unter gleichen Bedingungen gleiche Pendelausschläge beobachtet wurden.

Digitized by Google

Der Reibungskoeffizient wird nach dem Vorgange von Thurston und Anderen durch den Ausschlag des auf den Versuchszapfen gehängten Pendelkörpers gemessen. Der Kopf dieses Pendelkörpers hat eine eigenthümliche Form erhalten, so daß er die drei Lagerschalen, sowie den Druckerzeuger aufnehmen kann und zugleich das feststehende Schmierölbad nicht beeinträchtigt. Die Lagerschalen aus Bronze (Lagermetall) haben eine Breite von etwa 20 mm. Die beiden unteren sind fest mit dem Kopfkörper verbunden und enthalten ein Loch von 8 mm Weite, welches ganz nahe der Lagerfläche liegt (Wandstärke an dieser Stelle etwa $1^1/_2$—2 mm) und ein Thermometer aufnimmt. Die obere Schale ist beweglich und im Kopfkörper geführt. Sie hat zwei seitliche Ansätze, welche dem Pendelkörper eine Verschiebung in der Längsaxe des Zapfens von 4 mm gestatten. Trichterförmige Vertiefungen an diesen Ansätzen sollen das mitgerissene Oel vor dem Verschleudertwerden bewahren und veranlassen, daß es immer wieder dem Schmierbade zugeführt wird. Der Flächendruck auf die Schmierschicht wird durch einen Napolischen Druckerzeuger hervorgerufen. Dieser Druckerzeuger wird in den Kopfkörper hineingeschraubt und drückt mittelst seines Stempels auf die obere Lagerschale. Der Druck überträgt sich durch die Kopfplatte des Stempels und durch die abschließende Gummischeibe auf das im oberen Raum des Druckerzeugers befindliche Wasser und von hier aus auf das Manometer. Durch den unmittelbaren Versuch kann leicht der den Angaben des Manometers entsprechende Druck auf die obere Lagerschale bestimmt werden. Bei der Maschine der Versuchs-Anstalt geschah dies, indem man nach Maßgabe von Fig. 1 den Druckkörper in die Festigkeitsprobirmaschine spannte und für jeden Manometerstrich die auf den Stempel der Druckvorrichtung auszuübende Kraft bestimmte. Der wirksame Durchmesser des Druckerzeugers beträgt etwa 26 cm, der auszuübende Druck würde also bei 6 at Ablesung am Manometer rund P = 3000 kg sein. Bei einer Größe der Reibungsfläche der Lagerschale von $2 \times 7 = 14$ qcm ergiebt sich daher als größter auf die Schmierfläche ausübbarer Druck etwa 200 at. Dieser Druck wird zur Erprobung der bekannten Schmieröle sicher ausreichen. Nimmt man an, daß die Angaben des Manometers auf 0,05 at sicher sind, so wird man den Druck P auf etwa 10—12 kg sicher bestimmen können; die Ablesungen am Manometer lassen sich vielleicht auf 0,01 bis 0,02 at ausführen und man würde dementsprechend die Kraftablesungen für P bis auf etwa 5 kg vollziehen können.

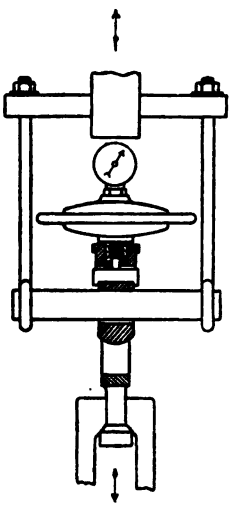


Fig. 1.

Die obere Lagerschale ist durch zwei seitliche Schrauben, von denen die vordere mit geändertem Kopf versehen ist und deswegen leicht entfernt werden kann, gegen seitliche Verschiebungen im Pendelkörper gesichert. Diese Schale wird herausgenommen, wenn Zapfen und Lagerschalen gereinigt werden sollen. Die Reinigung geschieht am besten durch Bestreuen mit trockenem Sägemehl, Abbürsten und sorgfältiges Nachputzen mit Aether und reinen leinenen Lappen.

Die beiden unteren Lagerschalen sitzen, wie schon bemerkt, fest im gußeisernen Pendelkörper, der den Zapfen so eng umschließt, daß zwischen ihm und der Versuchsfläche des Zapfens nur ein Raum von etwa 0,5 mm Dicke verbleibt. Diesen Zwischen-

Digitized by Google

raum füllt das zu prüfende Oel sehr leicht aus und sorgt so für eine reichliche Schmierung der oberen Schale. Um die Schmierung möglichst vollkommen und gleichartig zu machen, wurde ein Tauchbad angewendet, welches feststehend an einem besonderen Ständer angebracht ist. In dieses Bad taucht der Zapfen etwa 5—10 mm tief ein, wenn es eine gewisse mit einem Meßgefäß abgemessene Menge Oel enthält. Um den Zutritt zum Oel, sowie später das Abtropfen zu erleichtern, ist der Gußkörper unten mit einer Aussparung versehen. Das Oelbad ist doppelwandig und so eingerichtet, daß man kaltes oder warmes Wasser, nöthigenfalls auch Dampf durch das äußere Gefäß leiten kann. Die Pendelstange ist durch einen das Schmiergefäß umgreifenden Bügel mit dem Gußkörper verbunden. Sie ist mit einer Centimetertheilung so versehen, daß unmittelbar die Entfernung des Schwerpunktes der 12 kg schweren Pendellinse von der Mittellinie des Versuchszapfens abgelesen werden kann. Die Linse kann zwischen 50 und 80 cm beliebig eingestellt werden, wobei die Millimeter an dem mit ihr verbundenen Zeiger abzulesen sind. Der ganze Pendelkörper, ohne die Linse, ist durch ein unten an der Stange befestigtes Gegengewicht auszugleichen, was am einfachsten auf der Drehbank mittelst eines lose in den Körnerspitzen laufenden Hülfszapfens von gleichem Durchmesser mit dem Versuchszapfen geschieht. Die in die unteren Lagerschalen eingelassenen Thermometer sind sogenannte Stabthermometer mit eingeschmolzenem Emaillestreifen und auf dem Rohr angebrachter Theilung von 0 bis 120 C°. Sie sind rechtwinklig gebogen und mit untergelegten Korkstücken und zwei Schrauben an dem Gußkörper befestigt. Ihre Gefäße sind in feine Metallfeilspähne gebettet, die nach außen durch Schellackverkittung abgeschlossen sind. Ein drittes loses Thermometer wird in das Oelbad eingetaucht, um dessen Wärme beständig kontroliren zu können. Zu beachten ist noch, daß diejenigen Kanten der Lagerschalen, an welchen das Schmieröl unter die Flächen tritt, ganz schwach (etwa 0,5 mm) gebrochen sein müssen, und daß der hierdurch entstehende Flächenausfall in Rechnung zu stellen ist.

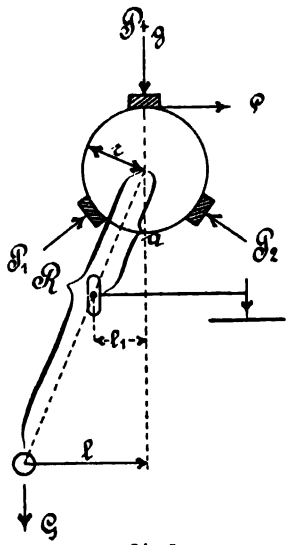


Fig. 2.

Der Ausschlag des Pendels während des Versuches giebt ein Maß für die Reibungsarbeit beziehentlich den Reibungskoeffizienten. Er wird gemessen an den Verschiebungen eines auf Rollen geführten Schiebers, der vom Pendel mittelst Kurbelschleife mitgenommen wird und eine Theilung trägt, in welcher die Konstanten der Maschine bereits berücksichtigt sind. Man hat die Ablesung nur noch mit einem Faktor zu multipliziren, welcher von der Größe des Druckes Q und von der Entfernung der Pendellinse, von der Mittellinie des Zapfens abhängig ist. Aus Fig. 2 gehen die Grundlagen für die Berechnung des Versuchsergebnisses hervor, es bezeichnet:

r = Halbmesser des Versuchszapfens,
R = Entfernung der Pendellinse von der Zapfenmitte in cm,
a = Entfernung des Mitnehmers für den Schieber von der Zapfenmitte in cm,
G = Gewicht der Pendellinse in kg,
g = Gewicht des ganzen Pendels in kg,

Digitized by Google

$P\ (= P_1 = P_2)$ = Druck des Druckerzeugers auf die Lagerschalen in kg,
$\varrho = \mu (P + P_1 + P_2 + g) = \mu Q$ = Reibungswiderstand in kg,
l = Pendelausschlag in cm
l_1 = Mitnehmerausschlag in cm.

Dann ist:

$$\varrho r = Gl \text{ und } l = \frac{R}{a} . l_1$$

$$\mu Qr = G \frac{R}{a} l_1 \text{ oder } \mu = \frac{G}{ra} . l_1 . \frac{R}{Q}$$

Durch Ausmessen und Gewichtsfeststellung sind zu bestimmen:

$$G = 12 \text{ kg}; \ r = 5 \text{ cm und } a = 22{,}5 \text{ cm}$$

g kann man nach Maßgabe der Maschine der Versuchs-Anstalt auf etwa 75 kg schätzen.

Dann würde sich ergeben:

$$\mu = \alpha \frac{R}{Q} = \frac{12}{5 . 22{,}5} . l_1 . \frac{R}{Q} = 0{,}10667\, l_1 \frac{R}{Q}$$

Die Größe der auf dem Schieber anzubringenden Theilung würde sich hiernach berechnen:

$$\alpha = 0{,}10667\ l_1 \text{ oder für } \alpha = 1$$

$$l_1 = \frac{1}{0{,}10667} = 9{,}375 \text{ cm}$$

Diese Strecke ist in 100 Theile von je 0,938 mm zu theilen und jeder zehnte Theilstrich mit 0,0; 0,1; 0,2 u. s. w. zu bezeichnen. Mit Hülfe einer am Gestell angebrachten Marke (wenn gewünscht Nonius) kann man dann α bis auf 0,002 ablesen. Der gefundene Werth wird selbstredend nicht bis auf diese Größe genau sein, da sowohl Beobachtungsfehler in den gewogenen und gemessenen Größen als auch Ausführungsfehler in den Führungstheilen vorkommen. Insonderheit kommt in letzterer Beziehung in Betracht, daß das kugelförmige Ende des Mitnehmerstiftes genau ohne Zwang und freies Spiel in der Kurbelschleife paßt und daß die letztere mit genau geraden und senkrecht zur Bewegungsrichtung des Schiebers stehenden Flanken ausgeführt ist. Endlich muß in der Nullpunktslage des Schiebers der Schwerpunkt des Pendels genau in die Senkrechte fallen und die Bewegungsrichtung des Schiebers in der Horizontalen liegen. Da sich die Ausführungsfehler nicht summiren, sondern zum Theil ausgleichen werden, so darf man annehmen, daß das Ergebniß bis auf 0,5 mm also $\alpha = 0{,}5/9{,}375 . 10$ oder nahezu fünf Einheiten der dritten Dezimalen von α sicher sein wird.

Mit der unmittelbar auf einander folgenden Ablesung des Druckes (n) am Manometer, der Thermometerangaben und der Größe von α ist eigentlich das Versuchsergebniß erhalten, und die nothwendigsten Theile der Maschine sind im Vorausgehenden demnach völlig erschöpfend beschrieben. Diese Ablesungen müßten aber während eines größeren Zeitraumes in bestimmten Zwischenräumen wiederholt werden und das würde den Beobachter fortwährend an die Maschine fesseln und ihn bald ermüden. Deswegen hielt ich es auch für diese für die Praxis bestimmte Maschine für nothwendig, wenigstens die Möglichkeit einer selbstthätigen Aufzeichnung der Versuchsergebnisse vorzusehen. Die Mitbeschaffung des Schreibapparates kann nach den in der Versuchsanstalt gemachten Erfahrungen allerdings dringend empfohlen werden, sie ist indessen keine unerläßliche Nothwendigkeit.

Digitized by Google

Der Schreibapparat ist in der Fig. 1 u. 2 nur angedeutet, in den Fig. 15—18 aber ausführlich dargestellt. Die Gesammteinrichtung wird aus der Zeichnung ohne Weiteres verständlich sein, wenn hier noch Folgendes bemerkt wird. Von der Vorrathsrolle wird ein 80 mm breiter Streifen von Schreibpapier durch die von der Hauptwelle der Maschine aus angetriebene Fortführungswalze über die große Walze fortgezogen, sobald die an einem Winkelhebel befestigte Druckwalze gegen die Fortführungswalze angepreßt wird. Der Streifen erhält dann eine der Umdrehungsgeschwindigkeit des Versuchszapfens proportionale Geschwindigkeit von etwa 4 mm/min. Der Pendelausschlag wird nun durch den Schieber auf den an diesem befestigten Schreibstift übertragen und auf das Papier gezeichnet. Es entsteht eine Linie, deren Entfernung von einer durch einen feststehenden Schreibstift gezeichneten Geraden das Maß von α für jeden Augenblick ergiebt.

Da der Pendelausschlag unter Umständen erheblich größer werden muß, als er der angewendeten Papierbreite von 80 mm entspricht, und da alsdann jedesmal der Bleistift in Gefahr kommen würde, abgebrochen zu werden, so ist eine Begrenzungsvorrichtung angebracht. Diese Vorrichtung liegt an der Unterfläche des Konsols für die Schreibvorrichtung und besteht aus einem feststellbaren Anschlage, der den Pendelausschlag durch 2 mit Gummi überzogene Stifte stets auf höchstens 75 mm Schieberausschlag begrenzt. Man stellt den Anschlag so ein, daß für den angewendeten Druck P das Pendel zwischen den Stiften frei spielt und verschiebt nun den Zeichenstift des Schiebers auf eine passende Stelle des Papiers. Der Stift wird dann die Pendelbewegungen aufschreiben und man kann auch jetzt aus dieser Aufschreibung α nachträglich für jede Stelle bestimmen, wenn man während des Versuches zuweilen den Werth von α an der Schiebertheilung abliest und an die betreffende Stelle neben die gezeichnete Schaulinie schreibt. Um den Zeitpunkt solcher Ablesungen in der Schaulinie noch genauer festzulegen ist es zweckmäßig, dem Pendel durch Anstoßen mit dem Finger plötzlich einen kleinen Ausschlag zu ertheilen und hierdurch eine scharf gezeichnete Zacke in der Schaulinie hervorzurufen. Sind solche Zacken in bestimmten Zeitabschnitten z. B. jede volle Minute gemacht, so hat man in den Abständen der Zeichen von einander eine Kontrole über die Gleichförmigkeit des Ganges der Maschine. Um den Schreibstift zu schonen, falls er unversehens einmal über den Rand des Papiers fortgleiten sollte, ist ein kleines Gegenschräubchen am Stifthalter angebracht, welches der den Schreibstift andrückenden Feder nur eben hinreichend Spiel gestattet, aber verhindert, daß der Stift die Oberfläche der großen Leittrommel berühren kann. Außerdem sind auch noch die Ränder der Trommel kegelförmig abgedreht.

Wie ich in meinem Berichte „Ueber Schmieröl-Untersuchungen", Ergänzungsheft V 1889, ausführlich nachgewiesen habe, ist es nothwendig, die Versuche stets genau unter den gleichen Bedingungen auszuführen. Man hat also für die Versuche zunächst sich eine bestimmte Stufenleiter für die Drucksteigerung und für die gleichzeitig inne zu haltenden Lagerschalenwärmen zu bilden und nach Einstellung des Druckes die Wasserzufuhr so zu regeln, daß die beiden Thermometer die gewünschte Wärme anzeigen. Es ist übrigens zu bemerken, daß ihre Angaben um ein Geringes von einander abweichen werden, daß der Unterschied aber nahezu gleichbleibend ist, weil die Reibungsarbeit oder die Wärmeabgabe in beiden Schalen wohl nur selten genau gleich sein wird. Um es den Interessenten zu ermöglichen, ihre Versuche nach Wunsch genau ebenso auszuführen, wie es in der Versuchsanstalt geschieht, seien hier die dort

Digitized by Google

benutzten Druck- und Wärmestufen mitgetheilt. Es wird bei 200 Umdrehungen des Zapfens in der Minute oder nahezu 1 m/sec. Umfangsgeschwindigkeit:

$p = \frac{Q}{8f} =$	10	25	40	53	66	80	93	106	119	132	145	158	at
t =	23,5	26,8	30,0	33,2	36,8	40,7	45,0	49,5	55,0	61,4	68,0	—	C°

worin f die reibende Fläche der Lagerschalen in Quadratcentimetern bedeutet. Nach Erreichung der richtigen Versuchswärme läßt man die Maschine etwa noch 5 Min. laufen. Der Pendelausschlag wird während dieser Zeit noch um ein Geringes abnehmen; es ist aber praktisch nicht wohl möglich, bis zum Eintritt des Beharrungszustandes zu warten, weil man hierdurch viel Zeit verlieren würde, ohne wesentlich andere Ergebnisse zu erzielen. Um den Beobachter zu kontroliren, ist es zweckmäßig, von Zeit zu Zeit die Thermometer- und Schieberablesungen neben die Schaulinie schreiben zu lassen, was leicht durch den Schlitz des Schiebers ausgeführt werden kann.

Die Kontrole darüber, ob die Maschine ihre Schuldigkeit thut, ist dadurch zu führen, daß man von Zeit zu Zeit ein reines möglichst säurefreies raffinirtes Rüböl, das zu dem Zwecke sehr sorgfältig aufzubewahren ist, auf der Maschine probirt. Die Reibungskoeffizienten müssen innerhalb der Fehlergrenzen unter gleichen Versuchsbedingungen die gleichen werden. Ist dies nicht der Fall, so muß man die Maschine unter mittlerem Druck (etwa p = 50 bis 70 kg/qcm) so lange einlaufen lassen (zuweilen tagelang), bis sie den guten Zustand wieder erlangt hat. Hierbei ist es sehr zweckmäßig, die Antriebswelle für den Schreibapparat mit einem Excenter zu versehen, welcher durch eine Lenkstange das Pendel zwingt, sich um den ganzen Betrag seines Spiels (4 mm) längs des Zapfens hin und her zu bewegen. Hierzu ist trotz des hohen Druckes eine ganz außerordentlich kleine Kraft erforderlich, so daß die eben genannten Theile zierliche Abmessungen erhalten können. Es ist auch ganz zweckmäßig, daß die Lenkstange dem Pendel immer noch eine freie Beweglichkeit von etwa 1 mm beläßt, weil alsdann sicherer die Riefenbildung auf den Schmierflächen vermieden wird. Ist eine solche mechanische Einrichtung an der Maschine nicht vorhanden, so ist die Bewegung von der Hand auszuführen, was allerdings langweilig ist.

Um sich während des Versuches von dem guten Zustande der Maschine zu überzeugen, braucht man übrigens das Pendel nur anzustoßen. Es muß dann auch bei den höchsten Drucken p dem Stoß so leicht folgen, als ob es an einer Uhrfeder aufgehängt wäre und muß nach mehreren Schwingungen von ganz regelmäßig abnehmenden Ausschlägen genau wieder in die alte Lage zurückkehren, etwa wie Fig. 3 zeigt. Hierbei ist natürlich vorausgesetzt, daß das Pendel sonst während des Versuches ruhig geblieben war.

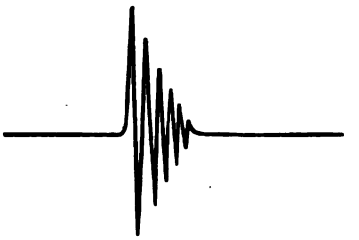


Fig. 3.

Weiter in die Einzelheiten der Versuchsausführung und der Beurtheilung der Ergebnisse einzugehen, ist hier wohl nicht der Ort und ich verweise deswegen auf den mehrfach angeführten Bericht, welcher neben den in der Versuchsanstalt benutzten Protokollformularen (Seite 80 der Anlage) auf seiner Taf. 1 auch eine Zusammenstellung der für verschiedene Oele charakteristischen Schaulinien enthält.

Digitized by Google

Die erste Prüfung und Untersuchung der Maschine muß eine sehr sorgfältige sein und es ist deswegen wohl am Platze, darauf hinzuweisen, daß diese auf Antrag durch die Versuchsanstalt geprüft und ihre Richtigkeit beglaubigt werden kann. Diese Prüfung kann entweder an Ort und Stelle, oder falls die Maschine vorübergehend in der Versuchsanstalt aufgestellt wird, daselbst geprüft werden.

---

2. Papierprüfung und Praxis.

Von W. Herzberg. Erster Assistent der Abtheilung für Papier-Prüfung.

Mit der Einführung der Papiernormalien und der damit verbundenen Bestimmungen über die Beschaffung und Prüfung der bei preußischen Staatsbehörden zu verwendenden Papiere wurden naturgemäß die Prüfungsmethoden für Papier von allgemeinerer Bedeutung. Von verschiedenen Seiten wurde dazu beigetragen, die Methoden der Papierprüfung auf wissenschaftlich ausgearbeiteter Grundlage weiter zu entwickeln. Daß in der Industrie ein allgemeineres Interesse für die Ziele der Papierprüfung erst durch den dem Fabrikanten und Händler infolge der ergangenen Bestimmungen auferlegten Zwang erweckt wurde, dürfte kaum von irgend einer Seite bezweifelt werden. Bis zu dem Erlaß des Königlichen Staatsministeriums, durch welchen für die im Staatsdienst zu verwendenden Papiersorten ganz bestimmte Anforderungen bezüglich der Festigkeit und der Stoffzusammensetzung vorgeschrieben wurden, beschränkte sich, mit einzelnen Ausnahmen, die Prüfung des Papiers in den Interessentenkreisen auf wenige allgemeine und mehr auf das äußere Ansehen gerichtete Eigenschaften. Man begnügte sich in den meisten Fällen damit, festzustellen, daß die Durchsicht eines Papiers möglichst klar, daß es gut gebleicht und möglichst griffig war. Zuweilen wurde zur Bestimmung der erdigen Beimengungen ein Bogen angezündet und der zurückbleibende schwarze Theil als Asche gewogen. Bei der Beurtheilung der Güte von geliefertem Papier fand vielleicht eine ähnliche oberflächliche Prüfung statt. Kurz, in der Praxis stand die Papierprüfung auf recht schwachen Füßen.

Die erste Folge der Einführung der Papiernormalien war, daß die Fabrikation des Papiers zu ihrem eigenen Vortheil in wesentlich andere Bahnen gelenkt wurde, als bisher. War bis dahin das Augenmerk des Fabrikanten, den oft unvernünftigen Wünschen der Konsumenten aus geschäftlichen Rücksichten entgegenkommend, darauf gerichtet, ein Erzeugniß herzustellen, das durch sein Aeußeres den Käufer bestechen sollte, das durch eine blendende Weiße, durch eine übermäßige Glätte und klare Durchsicht auffiel, bezüglich seiner inneren Eigenschaften aber nicht immer einer eingehenden Prüfung Stand halten konnte, so mußte nunmehr danach gestrebt werden, festes und dauerhaftes Papier zu liefern. Es ist klar, daß von diesem Gesichtspunkt aus das Aussehen des Papiers erst ein Faktor zweiter Bedeutung wurde; daß man in erster Linie darauf ausgehen mußte, gute Rohmaterialien, auf möglichst schonende Weise, zu festem Papier zu verarbeiten. Da die Anforderungen, die man an die Normalpapiere, namentlich an die der ersten Festigkeitsklasse stellte, ziemlich hoch waren, so verursachte deren Her-

Digitized by Google

stellung zuerst verhältnißmäßig große Schwierigkeiten, und manche maschinelle Einrichtung und manches althergebrachte Verfahren mußten aufgegeben werden. Daß man indessen die Werthe für Reißlänge und Dehnung im Allgemeinen nicht zu hoch gegriffen hatte und daß unsere Industrie wohl im Stande ist, Papiere von solcher Güte zu liefern, dürfte nunmehr erwiesen sein und wird jetzt auch von den Fabrikanten zugegeben.

Voraussichtlich werden die mehrfach genannten Bestimmungen über die Beschaffung von Papier für den amtlichen Gebrauch eine Aenderung erfahren, welche es noch mehr als bisher nothwendig machen wird, daß der Fabrikant während der Herstellung des Papiers laufend Prüfungen ausführt. Dem Verfasser wurde Gelegenheit gegeben, auf einer Studienreise sich einen Einblick in die Art und Weise zu verschaffen, wie solche Prüfungen in der Praxis bisher gehandhabt zu werden pflegten. Er hat hierbei vielfach Mängel gefunden, welche leicht zum Schaden der Betheiligten ausfallen können und erhielt deswegen den Auftrag, im Nachstehenden eine Uebersicht über die beachtenswerthesten Punkte der Papierprüfung zu geben. Die Versuchs-Anstalt will hierdurch einer ihrer vornehmsten Aufgaben gerecht zu werden versuchen, nämlich deutschen Gewerbfleiß zu unterstützen.

Da für die Königlich preußischen Behörden diejenigen Versuchsergebnisse als ausschlaggebend angesehen werden, welche in der Versuchs-Anstalt festgestellt sind, so mußten naturgemäß auch die dort gebräuchlichen Methoden und Apparate für die Praxis maßgebend werden. Daraus erwuchs nun für die Versuchs-Anstalt die Pflicht, für die Erweiterung des Verständnisses im Papierprüfungswesen Sorge zu tragen. Demgemäß wurden in den „Mittheilungen aus den technischen Versuchs-Anstalten" (Verlag von Julius Springer-Berlin) eingehende Veröffentlichungen über die Einrichtung der Abtheilung für Papierprüfung, die in Gebrauch genommenen Apparate und die gewonnenen Erfahrungen veröffentlicht. Da alle für die Papierindustrie wichtigen Mittheilungen aus der erwähnten Zeitschrift auch auszugsweise in die „Papier-Zeitung" übernommen werden, so wurde den Interessentenkreisen dauernd Gelegenheit gegeben, sich über alles Wissenswerthe auf dem Gebiete der Papierprüfung zu unterrichten. Wer außerdem die Mühe nicht scheute, sich an Ort und Stelle über die angewendeten Apparate und Versuchsmethoden zu belehren, dem wurde in der Versuchsanstalt stets aufs Bereitwilligste Gelegenheit hierzu gegeben; der sehr zahlreiche Besuch zeigte denn auch das große Interesse, das die Industrie den geschaffenen Einrichtungen entgegenbrachte. Die Versuchs-Anstalt ist auch dauernd bestrebt gewesen, die zur Papierprüfung dienenden Methoden und Apparate nach Möglichkeit zu verbessern und ist dabei stets von dem Grundsatz ausgegangen, das gesteckte Ziel auf möglichst einfache Weise zu erreichen, den Prüfungsgang womöglich so zu gestalten, daß er, ohne an Genauigkeit Einbuße zu erleiden, auch in der Praxis Eingang finden konnte. So wurde der Festigkeitsapparat von Hartig-Reusch durch einen anderen, unter Mitwirkung von Prof. Martens von dem seiner Zeit als Volontair in der Versuchs-Anstalt beschäftigten Papiertechniker Wendler konstruirten, ersetzt. Dieser Apparat ist nur mit Rücksicht auf die Anforderungen der Papierprüfung entworfen und gestattet durch die Möglichkeit der unmittelbaren Ablesung von Bruchbelastung und Bruchdehnung ein schnelles und sicheres Arbeiten. Ebenso wurde die Postsche Aschenwage, die ihres hohen Preises wegen schwieriger einer allgemeinen Einführung fähig war, durch die dem Zwecke entsprechend umgeänderte Reimannsche Substitutionswage

Digitized by Google

ersetzt. Ferner wurde die mikroskopische Papierprüfung gründlich durchgearbeitet und durch neue Präparationsmethoden sowie durch Herstellung genauer Zeichnungen und photographischer Abbildungen der Papierfasern wesentlich erleichtert.

Nachdem in dieser Beziehung manches Vorhandene geändert war, schien es nothwendig, über den nunmehrigen Zustand der Papierprüfung zu berichten, und dies veranlaßte den Verfasser, einer Anregung von außen her Folge gebend, einen „Leitfaden für Papierprüfung", (Verlag von Julius Springer, Berlin), herauszugeben, der sämmtliche Methoden und Apparate der Versuchsanstalt unter Beigabe der nöthigen Abbildungen ausführlich schilderte. Ein weiterer wichtiger Schritt aber, um den Interessentenkreisen die Methoden der amtlichen Papierprüfung möglichst nahe zu bringen, war die auf Veranlassung des Vorstehers Prof. Martens getroffene Einrichtung von Volontairstellen. Durch diese soll jungen Leuten, die eine genügende Vorbildung nachweisen können, Gelegenheit gegeben werden, sich unter Aufsicht der Beamten der Versuchsanstalt im Prüfungswesen für Papier soweit auszubilden, daß sie später die in der Praxis an sie herantretenden Untersuchungen mit einiger Sicherheit erledigen können. Da für die Ausbildung der Volontaire ein Zeitraum von 3 Monaten vorgesehen ist (ein Kursus von kürzerer Dauer konnte wegen der Vielseitigkeit der zu erlernenden Methoden nicht in Vorschlag gebracht werden), so können allerdings nur diejenigen jungen Leute Gebrauch von der Einrichtung machen, die noch nicht durch eine feste Stellung an den Ort ihrer Thätigkeit gebunden sind. Seit dem 1. Januar 1886 sind 15 Volontaire ausgebildet worden, und zwar:

Geburtsland	Anzahl der Volontaire
Prov. Schlesien . . .	2
„ Sachsen	1
Rheinprovinz	1
Bayern	1
Sachsen	4
Württemberg	2
Baden	2
Schweiz	1
Schweden	1

Die meisten Volontaire waren Söhne von Papierfabrikanten oder Fabrikdirektoren.

Ist auf die vorbeschriebene Weise auch seitens der Versuchsanstalt ausgiebig Gelegenheit gegeben, sich mit allen Einzelheiten der Papierprüfung vertraut zu machen, so ist doch zu berichten, daß der Praktiker nicht immer Zeit und Lust hat, sich so eingehend mit den gewonnenen und veröffentlichten Erfahrungen vertraut zu machen, wie es wohl wünschenswerth erscheinen möchte. Verfasser hofft deswegen durch die Mittheilung seiner auf der Studienreise gemachten Beobachtungen die Aufmerksamkeit auf die wichtigsten Punkte hinlenken zu können.

Werfen wir zunächst einen Blick auf die in den Fabriken überhaupt befindlichen Apparate zur Prüfung von Papier. Was zunächst die Festigkeitsapparate betrifft, so ist zu bemerken, daß viele Fabriken schon mit solchen versehen waren, bevor die amtliche Papierprüfung ihre Anschaffung nothwendig machte. Unter den älteren Apparaten war wohl das Horacksche Dasymeter zuerst einer der beliebtesten; es war bequem zu handhaben, gebrauchte wenig Raum, war überall hin leicht zu transportiren und die Anschaffungs-

Digitized by Google

kosten waren verhältnißmäßig gering. Es genügte auch, so lange es sich nur um oberflächliche Prüfungen handelte, so lange der Fabrikant nur für sich selbst um seiner Fabrikation willen prüfte. Sobald aber die Ansprüche in dieser Beziehung wuchsen und Waaren geliefert werden sollten, die bezüglich der Festigkeit und Dehnung ganz bestimmt vorgeschriebenen Bedingungen genügen mußten, sah man bald ein, daß das Dasymeter zur Kontrole einer Normalpapierfabrikation nicht verwendet werden konnte.

Der Hartig-Reuschsche Apparat, ein nach wissenschaftlichen Grundsätzen aufgebauter Festigkeitsprüfer, verschaffte sich deshalb besser Eingang und wurde auch von der Versuchsanstalt in den ersten Jahren ausschließlich zur Bestimmung der Reißlänge und Dehnung des Papiers verwendet. Die bei diesem Apparate zur Kraftmessung benutzten Spiralfedern halten sich, wie zahlreiche Versuche, insbesondere die von Prof. Kohlrausch ausgeführten, erwiesen haben, lange Zeit unverändert, so daß sie sich für Festigkeitsbestimmungen sehr gut eignen. Blattfedern, wie sie beim Horackschen Dasymeter verwendet werden, verändern sich meistens, weil sie in der Regel überlastet zuwerden pflegen, um die erwünschte Größe der Durchbiegung zu erzielen. Wenn man ferner noch in Betracht zieht, daß bei dem Dasymeter die ganze innere Reibung als Fehler in den gefundenen Werth eingeht, was bei dem Apparat Hartig-Reusch nicht der Fall ist, und ferner, daß der letztere in jedem Augenblick auf die Zuverlässigkeit seiner Angaben geprüft werden kann, ein Vorzug, den das Dasymeter nicht besitzt, so erscheint es erklärlich, daß dieser allmählich in den Hintergrund trat und genauer arbeitenden Apparaten den Platz einräumte.

Wenn trotzdem heute noch einige Fabriken im Besitz des Dasymeters sind, so läßt sich dies nur so erklären, daß sie an einer peinlich genauen Prüfung ihrer Erzeugnisse kein Interesse haben, und sich mit ungefähren Angaben bezüglich der Festigkeitswerthe begnügen.

Aber der Hartig-Reuschsche Apparat verursachte der Praxis insofern Schwierigkeiten, als er nicht direkt Zahlenwerthe, sondern eine Zeichnung lieferte, aus welcher die Bruchbelastung und Bruchdehnung erst durch Ausmessung bestimmt werden konnte. So werthvoll auch ein solches Bild an sich ist, denn es bildet eine Versuchsurkunde, auf welche in etwaigen Zweifelsfällen immer wieder zurückgegriffen werden kann, so ist doch für die Praxis das Auszeichnen und Ausmessen der einzelnen Bilder zu zeitraubend und beschwerlich, und es werden auch nicht immer Kräfte vorhanden sein, welche mit solchen Arbeiten vertraut sind.

Diese Verhältnisse veranlaßten den Vorsteher der Versuchsanstalt, Herrn Professor Martens, die Gesichtspunkte zusammen zu stellen, die dem Bau einfach zu handhabender und dennoch genau arbeitender Apparate zur Bestimmung der Festigkeitswerthe im Papier zu Grunde gelegt werden müssen. Die hierauf bezügliche in Fachblättern erfolgte Veröffentlichung sollte namentlich den Mechanikern Anregung geben und ihnen einen Anhalt bei der Herstellung solcher Apparate bieten, und in der That wurde auch eine ganze Anzahl von Festigkeitsprüfern konstruirt und der Versuchsanstalt theilweise zur Ansicht und Beurtheilung eingeliefert. Von diesen dürfte wohl der Wendlersche Apparat am besten den zu stellenden Ansprüchen genügen, namentlich weil seine Handhabung in Folge der Einfachheit des Baues in verhältnißmäßig kurzer Zeit auch von nicht wissenschaftlich geschultem Personal mit einiger Sicherheit erlernt werden kann. Als weitere Vervollkommnung dieses Festigkeitsprüfers ist die von Prof. Martens

Digitized by Google

konstruirte Ausrückvorrichtung*) zu erwähnen, die den Apparat in dem Augenblick ausschaltet, in welchem der Streifen reißt. Dieser Wendlersche Apparat wird jetzt für die Untersuchungen in der Versuchsanstalt ausschließlich benutzt, vorausgesetzt, daß man aus dem zu prüfenden Material Probestreifen von 0,18 m Länge entnehmen kann, denn nur für diese Normalstreifenlänge ist der Apparat eingerichtet. Bei anderen Streifenlängen werden noch jetzt die Hartig-Reuschschen Apparate benutzt.

Nachfolgende Apparate zur Prüfung der Festigkeitseigenschaften von Papier wurden vom Verfasser in der Praxis vorgefunden.

Von den 14 besuchten Papierfabriken benutzten das Horacksche Dasymeter 2 Fabriken, den Hartig-Reuschschen Zerreißapparat 4 Fabriken, den Wendlerschen Zugfestigkeitsprüfer 2 Fabriken. Eine dieser Fabriken besaß zu gleicher Zeit 3 Horacksche Dasymeter und einen Zerreißapparat von Hartig-Reusch. Sieben Fabriken besaßen überhaupt keine Apparate zur Bestimmung der Festigkeitseigenschaften des Papiers.

Anderweitige Apparate zum Prüfen von weiteren Eigenschaften des Papiers wurden verhältnißmäßig selten angetroffen; nur vereinzelt findet man die Postsche Zeigerwage oder die Reimannsche Substitutionswage oder aber endlich eine chemische Wage zur Bestimmung des Aschengehalts im Papier; naturgemäß findet man das Mikroskop noch seltener. Dem Fabrikanten ist ja die Zusammensetzung seines Stoffes bekannt und auf Grund seiner Erfahrung weiß er, welchen Erdezusatz er zu geben hat, wenn er einen gewissen Aschengehalt erzielen will. Für ihn hat das Mikroskop eigentlich nur in ganz besonderen Fällen Werth, wenn er etwa ein aus rein leinenen Lumpen zu fertigendes Fabrikat auf geringe Mengen Baumwolle untersuchen will.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse für den Papierhändler. Für ihn ist es unstreitig von großem Werth, wenn er außer den Festigkeitsprüfungen auch noch eine Prüfung jeder Lieferung in Bezug auf ihre Zugehörigkeit zu einer der Stoffklassen vornehmen und sich auf diese Weise überzeugen kann, ob vertragsmäßig geliefert worden ist.

Der Verkehr zwischen Händlern und Fabrikanten ist jedenfalls klarer und bestimmter, wenn die Verträge unzweifelhaft feststellbare Eigenschaften für die Lieferung vorschreiben und wenn nicht unbestimmte Bezeichnungen für die Beschaffenheit des Papiers zu Grunde gelegt werden, wie „zäh", „fest" u. s. w. Dieser Vortheil wird indessen hinfällig und kehrt sich in das Gegentheil um, wenn die Kontrole über die vertragsmäßig ausbedungenen Eigenschaften nicht zuverlässig nach richtigen Methoden mit guten Apparaten und von geübten Leuten ausgeführt wird. Deswegen wird denn auch in den vorgedachten Fällen der Fabrikant immer mehr dahin gebracht werden, sich seinerseits durch Prüfung von dem Zustand seiner Lieferung zu überzeugen; zugleich ergiebt sich die Nothwendigkeit guter Instandhaltung und Kontrole der verwendeten Apparate.

Wenn auch für die Erhaltung der Apparate an manchen Stellen recht Erfreuliches gethan wird, so erscheint es doch zweckmäßig, ohne auf die gemachten gegentheiligen Beobachtungen hier einzeln eingehen zu wollen, ganz im Allgemeinen auf die theilweise vorhandenen Uebelstände hinzuweisen. Daß zu einer Versuchsausführung, welche Anspruch auf Zuverlässigkeit machen will, zunächst möglichst einwandfreie Werkzeuge gehören, bedarf kaum einer besonderen Erwähnung; diese Forderung bezieht sich sowohl

*) „Mittheilungen" 1887. Ergänzungsheft III S. 13.

Digitized by Google

auf die Art der Apparate und ihre Konstruktion als auch auf ihre Instandhaltung, und in beiden Beziehungen wird die Papierprüfung in der Praxis zuweilen noch als Stiefkind behandelt. Während man erfreulicher Weise an vielen Orten bestrebt ist, bezüglich der verwendeten Apparate und Instrumente sowie der Versuchsausführung mit der Versuchsanstalt gleichen Schritt zu halten, hat man an anderen Stellen den Fortschritten, welche die Papierprüfung in den letzten fünf Jahren gemacht hat, verhältnißmäßig wenig Beachtung geschenkt. Jedoch ist vorauszusetzen, daß diese Fälle von Jahr zu Jahr seltener werden.

Bei der Auswahl von Apparaten und Instrumenten, welche der Papierprüfung dienen sollen, kann den Interessenten, sofern sie nicht selbst Fachleute genug sind, nicht dringend genug angerathen werden, sich die Erfahrungen der Versuchsanstalt zu Nutze zu machen; diese ist jederzeit bereit gewesen, die ausführlichsten Rathschläge zu ertheilen. Da solche Apparate außerdem auf Antrag auf ihre Zuverlässigkeit geprüft und auf die Fehler der mechanischen Ausführung eingehend untersucht werden,*) so ist damit den Interessenten die weitgehendste Gewähr gegeben, Instrumente, welche denen der Versuchsanstalt als gleichwerthig zu betrachten sind, zu erwerben. In dem über eine solche Prüfung ausgestellten Zeugniß wird indessen auch gleichzeitig ausdrücklich darauf hingewiesen, daß man nur dann erwarten darf, zuverlässige und den in der Versuchsanstalt gewonnenen entsprechende Versuchsergebnisse zu erzielen, wenn die Apparate dauernd in einem tadellosen Zustand erhalten werden. Dazu gehört zunächst, daß sie an einem möglichst trockenen Orte aufgestellt werden; der Papiermaschinensaal ist beispielsweise ganz ungeeignet für die Aufstellung von Apparaten, weil der hohe Feuchtigkeitsgehalt der Luft sehr bald ein Rosten der Eisentheile herbeiführt und auch ferner der Versuchsstreifen eine für die Prüfung viel zu große Menge Feuchtigkeit aufnehmen würde. Ebenso sollte man es vermeiden, die Apparate in Laboratorien aufzustellen, in denen außerdem chemische Analysen, wie Chlorkalkbestimmungen 2c. ausgeführt werden, weil die an solchen Orten unvermeidlichen Säuredämpfe zerstörend auf die nicht geschützten Metalltheile einwirken. Am besten wird sich ein zu Schreibzwecken dienender Raum für die Aufstellung der Zerreißapparate, Wage 2c. eignen, in dem womöglich durch geeignete, später zu besprechende Mittel der erforderliche, möglichst gleichmäßige Feuchtigkeitsgehalt der Luft hervorgebracht und erhalten wird.

Ein weiteres Augenmerk wird man dann darauf zu richten haben, daß die Apparate auch unter diesen Umständen äußeren Einflüssen, namentlich dem Staub, nach Möglichkeit entzogen sind; zu dem Zwecke sollten sie stets mit einem Kasten oder doch mit einem Tuch bedeckt sein, und nur für die Dauer der Versuchsausführung freigelegt werden. Trotz aller dieser Vorsichtsmaßregeln ist eine gründliche Reinigung von Zeit zu Zeit nothwendig. In der Versuchsanstalt wird eine solche in jeder Woche an den Zerreißapparaten und den Wagen, welche sich nicht dauernd und auch während des Gebrauchs unter Glas befinden, vorgenommen. Die Apparate 2c. werden soweit wie möglich auseinandergenommen, Staub und etwa dick gewordenes Fett entfernt, die blanken Eisentheile durch Abreiben mit einem Fettläppchen mit einem dünnen Fetthauch versehen und diejenigen Theile, die starker Reibung ausgesetzt sind, wie beispielsweise das Antriebrad bei Motorenbetrieb, genügend geschmiert.

*) „Mittheilungen“ 1888 S. 34.

Digitized by Google

Wenn man alle diese Gesichtspunkte dauernd im Auge behält, wird man auf Jahre hinaus die Apparate in einem in jeder Beziehung gebrauchsfähigen Zustand erhalten und die damit gewonnenen Ergebnisse bei zuverlässiger Versuchsausführung den an anderen Orten erzielten Zahlenwerthen gegenüberstellen können. Wenn aber mit Zerreißapparaten gearbeitet wird, die derartig verschmutzt und verstaubt sind, daß beispielsweise die Spindel vor Staub und Schmiere kaum mehr als solche zu erkennen ist, oder wenn Aschenbestimmungen mit einer Reimannschen Wage ausgeführt werden, deren Schneide und Lager dermaßen verrostet sind, daß der Wagebalken kaum schwingt, dann kann man sich nicht wundern, daß man in Differenzen mit seinen Geschäftsfreunden kommt.

Ueber die Prüfung der Spiralfedern von Zerreißapparaten und über die Art der Kraftmaßstäbe mögen sich hier noch kurz einige Worte anschließen.

Wenn auch durch eingehende Versuche, namentlich die schon erwähnten des Prof. Kohlrausch zur Genüge nachgewiesen ist, daß sich die Spiralfedern, solange sie nicht über die Elastizitätsgrenze hinaus in Anspruch genommen werden, vorzüglich bewähren und während des Gebrauchs keine nennenswerthen Aenderungen erfahren, wird man doch gut thun, sich hiervon von Zeit zu Zeit durch eine direkte Belastung zu überzeugen. Die zu diesem Zwecke nöthigen Hilfsmittel sind jedem Wendlerschen oder Hartig-Reuschschen Apparat mit Ausnahme der Gewichte beigegeben, und die Prüfung selbst ist eine sehr einfache. Die wiederholte Prüfung ist namentlich bei den Hartig-Reuschschen Apparaten zu empfehlen, weil bei ihnen die Befestigung der Federn in den Brücken nicht so sicher ist, wie bei dem Apparat von Wendler; Aenderungen sind deswegen leichter möglich.

Bei Anfertigung der Kraftmaßstäbe wird seitens der ausführenden Firmen zuweilen ein Material verwendet, das zu diesem Zwecke als gänzlich ungeeignet bezeichnet werden muß, nämlich Papier. Für diese Zwecke sollte man nur Materialien verarbeiten, die jedweden äußeren Einflüssen den größtmöglichen Widerstand entgegensetzen, wie beispielsweise Metalle, Horn, Elfenbein oder ähnliche Körper. Papier oder Karton kann an sich schon äußeren mechanischen Einwirkungen nur sehr geringen Widerstand entgegensetzen, so daß die daraus gefertigten Maßstäbe schon nach kurzer Zeit Risse, Kniffe ꝛc. erhalten; ferner muß man beachten, daß die Luftfeuchtigkeit einen Einfluß auf die Länge dieser Papier-Maßstäbe hat und in Folge dessen den Versuchsergebnissen eine Fehlerquelle mehr anhaftet. Bekanntlich beeinflußt die Luftfeuchtigkeit die Dehnbarkeit des Papiers, so zwar, daß eine auf Papier aufgetragene Meßlänge bei niedriger Luftfeuchtigkeit um einiges kürzer ist, als bei sehr feuchter Luft. Hiernach werden die Ergebnisse beim Hartig-Reuschschen Zerreißapparat ebenfalls schwanken, je nachdem Aufzeichnung und Ausmessung der Schaulinie bei gleicher Luftfeuchtigkeit erfolgte oder nicht.

Im Anschluß an diese Zeilen mögen hier noch einige kurze Bemerkungen über die Erfordernisse, welche man an die versuchsausführenden Personen stellen muß, folgen. In den meisten Fällen wird die Prüfung vorwiegend praktisch gebildeten Beamten einer Firma obliegen, die in der Regel nicht mit dem Wesen der Apparate und den Ursachen ihrer Fehler und denjenigen der Prüfungsmethoden allgemein vertraut sind. Für diese Personen, sollte man meinen, erwächst daraus ganz besonders die Pflicht, sich mit dem jeweiligen Stand der Prüfung vertraut zu machen und sich an

Digitized by Google

der Hand der in Fachschriften veröffentlichten Arbeiten stets auf dem Laufenden zu erhalten. Denn wenn auch die Festigkeitsprüfungen und Aschenbestimmungen verhältnißmäßig einfacher Natur sind, und durch zweckmäßig konstruirte Apparate und gemeinfaßlich geschriebene Abhandlungen nach Kräften dafür gesorgt ist, den Interessenten die Prüfung zu erleichtern, so ist doch immerhin eine gewisse Summe von Vorkenntnissen unentbehrlich, die den Versuchsausführenden in den Stand setzen, den Gang der Prüfung klar zu durchschauen und sich über die Tragweite der möglichen Fehler Rechenschaft zu geben. Wenn beispielsweise Jemand mit der Konstruktion eines Zerreißapparates so wenig vertraut ist, daß er nicht im Stande ist, die Spiralfedern auf die Richtigkeit ihrer Angaben zu prüfen, oder wenn ein Anderer Versuchsstreifen von stets wechselnder Länge wählt, gerade wie sie ihm das zur Verfügung stehende Material liefert, und nicht darüber unterrichtet ist, daß die Länge des Streifens besonders auf die Dehnung einen beträchtlichen Einfluß ausübt, oder wenn ein Dritter auch die Prüfung der schwächsten Papiersorten mit der stärksten Feder vornimmt und sich über den Grund der Herstellung von 3 verschieden starken Federn keine Rechenschaft ablegen kann, so läßt sich nicht verkennen, daß unter solchen Verhältnissen ausgeführte Untersuchungen in keiner Weise Vertrauen einflößen können.

Ein Umstand, der in der Praxis bei Ausführung von Papierprüfungen noch nicht genügende Beachtung gefunden hat, ist der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Festigkeitseigenschaften von Papier. Daß dieser Einfluß ein ziemlich bedeutender ist, haben die in der Versuchsanstalt in dieser Beziehung ausgeführten Untersuchungen zur Genüge erwiesen*); er ist zweierlei Art.

Erstens nimmt das allezeit hygroskopische Papier, je nach dem relativen Feuchtigkeitsgehalt der Luft, verschiedene Mengen Wasser in sich auf und ändert hierdurch sein Gewicht; zweitens ändert das aufgenommene Wasser die Festigkeit und die Dehnbarkeit der im Papier vorhandenen Fasern an sich. Sowohl durch die Gewichtsveränderung als auch durch die Festigkeitsveränderung wird die Reißlänge beeinflußt; die Dehnung indessen durch die Letztere allein. Den Einfluß der Gewichtsveränderung auf die Reißlänge des Papiers kann man leicht unschädlich machen, wenn man ihre Berechnung auf einen ganz bestimmten Feuchtigkeitszustand des Papiers bezieht und zwar am einfachsten auf denjenigen, welchen es hat, wenn man es in Luft von 100 C° so lange erwärmt, bis die Probestreifen bei zwei aufeinanderfolgenden Wägungen keine Gewichtsveränderungen mehr zeigen; dieser Zustand ist meist nach $^1/_2$—$^3/_4$ stündigem Trocknen erreicht und kann kurzweg als Trockenzustand bezeichnet werden. Man wird also die zerrissenen Probestreifen in einem Trockenschränkchen bei 100 C° trocknen und in einem luftdicht verschließbaren Gefäß (Uhrglas, Wägegläschen 2c.) wägen, denn der in freier Luft gewogene Streifen nimmt sofort wieder Feuchtigkeit auf und wird zusehends schwerer. Die mit Hülfe dieses Trockengewichts berechnete Reißlänge stellt sich nach den bisherigen Erfahrungen der Versuchsanstalt um etwa 5—7 % höher als die nach dem alten Verfahren unter Zugrundelegung des Gewichts der lufttrockenen Streifen ermittelte.

---

*) „Einrichtungen zur Regelung der Luftfeuchtigkeit bei der Papierprüfung." Von Prof. Martens.
„Mittheilungen" 1889 Heft I S. 2.

Digitized by Google

Der Einfluß der durch verschiedenen Feuchtigkeitsgehalt der Luft herbeigeführten Festigkeitsveränderung der Papierfasern kann auf so einfache Weise nicht beseitigt werden. Es sind zur Zeit mit eigens zu diesem Zweck aufgestellten Apparaten Versuche in Angriff genommen worden, um womöglich die Größe des Einflusses und seine etwaige Gesetzmäßigkeit zu ermitteln. Es wird aber noch eine geraume Zeit dauern, bis diese umfangreichen Versuche beendet sind. Aus den gewonnenen Zahlenwerthen läßt sich jedoch schon jetzt zur Genüge ersehen, daß der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Festigkeitseigenschaften von Papier so groß ist, daß man ernstlich mit demselben rechnen muß. Die Ausführung der Festigkeitsprüfungen bei einer bestimmten Feuchtigkeit der Luft wird sich voraussichtlich nach Abschluß der in Angriff genommenen Untersuchungen als Nothwendigkeit herausstellen.

Die Versuchsanstalt hat daher jetzt schon Einrichtungen getroffen, welche es ermöglichen, in dem Raum, in welchem die Festigkeitsprüfungen von Papier ausgeführt werden, möglichst immer denselben Feuchtigkeitszustand zu erhalten. Hierfür ist eine relative Luftfeuchtigkeit von 65 % gewählt worden. Da die Luftfeuchtigkeit indessen in den meisten Fällen geringer ist als 65 %, so ist in dem Versuchsraum ein Wasserzerstäuber (Cosmosventilator) aufgestellt, welcher es ermöglicht, bei trockener Luft den Feuchtigkeitsgehalt in kurzer Zeit auf die gewünschte Höhe zu bringen. Den mit geringeren Hülfsmitteln ausgestatteten Versuchsräumen der Praxis kann die fehlende Feuchtigkeit am einfachsten und billigsten durch kochendes Wasser zugeführt werden. Durch Regulirung des Wasserhahns bei dem Zerstäuber und der Flamme im letzt erwähnten Falle kann man den erreichten Feuchtigkeitszustand ziemlich genau festhalten; innerhalb eines Intervalls von 5 % mit Sicherheit.

Zur Bestimmung der Feuchtigkeit der Luft werden in der Versuchsanstalt ausschließlich Koppesche Prozenthygrometer mit Justirvorrichtung gebraucht, die sich für diese Zwecke am geeignetsten und zuverlässigsten erwiesen haben. Da dieses Hygrometer in der Papierindustrie verhältnißmäßig wenig bekannt sein dürfte, so mag eine kurze für die Zwecke des Gebrauchs ausreichende Beschreibung desselben hier folgen.

Das Prozenthygrometer besteht aus einem gut entfetteten Haar, welches am oberen Ende befestigt und am unteren um eine kleine Rolle geschlungen ist, deren Achse einen Zeiger trägt. Es wird durch ein Gewichtchen von 0,5 g gespannt. Bei trockener Luft verkürzt sich das Haar und dreht den Zeiger nach links, durch Befeuchten verlängert es sich und das Gewichtchen bewirkt eine Bewegung des Zeigers nach rechts. Bei vollkommener Sättigung der Luft mit Wasserdampf muß der Zeiger auf den Punkt 100 der Skala zeigen und dort stehen bleiben. Ein besonderer Vorzug dieses Feuchtigkeitsmessers gegenüber anderen ist der, daß er zu jeder Zeit leicht auf die Richtigkeit seiner Angaben geprüft und eventuell berichtigt werden kann; zu diesem Behufe wird das dem Apparat beigegebene mit Mousselin überzogene Rähmchen in Wasser getaucht und auf der Rückseite des Blechkästchens in eine hierfür angebrachte Nuthe geschoben. Hierauf wird das Kästchen vorn durch eine Glasscheibe, hinten durch den Schieber geschlossen. Es füllt sich nun in verhältnißmäßig kurzer Zeit vollständig mit Feuchtigkeit, das Haar sättigt sich, und der Zeiger rückt auf 100 vor.

Sollte in Folge von Veränderungen des Instrumentes durch äußere Einflüsse 2c. dieses nicht der Fall sein, so hat man nur den Schlüssel durch das oben in der Glasscheibe befindliche Loch auf den Vierkant aufzusetzen und durch Drehen den Zeiger genau

Digitized by Google

auf 100 einzustellen. Dabei ist es zweckmäßig, etwas auf das Kästchen zu klopfen und neu einzustellen, wenn das Klopfen eine kleine Verrückung des Zeigers hervorgebracht hat. Nun ist das Instrument justirt und wird, nachdem Schieber, Rähmchen und Glas entfernt sind, einige Minuten später die relative Feuchtigkeit des zu prüfenden Raumes richtig*) anzeigen. Das von dem Rahmen auf den Blechkasten etwa abgetropfte Wasser muß sorgfältig mit einem Schwamm oder Fließpapier beseitigt werden.

Es sei noch besonders bemerkt, daß das Hygrometer am besten neben dem Zerreißapparat aufzustellen ist und daß die Versuchsstreifen neben dem Hygrometer zur Aufnahme der nöthigen Feuchtigkeit auszulegen sind, da die Feuchtigkeit in verschiedenen Höhen im Zimmer stark verschieden ist. Die Streifen brauchen hierzu mindestens $^1/_2$ Stunde. Damit sie der Luft möglichst viel Oberfläche darbieten und sich somit der vorhandenen Feuchtigkeit um so schneller anpassen, bedient sich die Versuchsanstalt eines Rahmens, wie ihn Fig. 1 darstellt. In diesem Rahmen stehen die Streifen schwach gekrümmt auf der hohen Kante, gestatten somit der Luft möglichst ungehinderten Zutritt und sind außerdem durch ihre geringe Anspannung gegen das Fortwehen durch Zugluft 2c. geschützt.

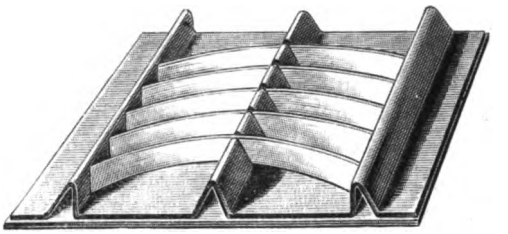


Fig. 1.

Nach diesen Betrachtungen, welche im Wesentlichen der Ausführung von Prüfungen gewidmet waren, dürfte es nicht ungeeignet erscheinen, einige Augenblicke bei der Frage stehen zu bleiben, welche Prüfungen denn überhaupt in der Praxis zweckmäßig vorzunehmen sind, sowohl bezüglich ihrer Nothwendigkeit an sich als auch bezüglich der Möglichkeit ihrer anstandslosen Ausführung.

Daß sich für alle diejenigen, die sich mit der Erzeugung oder dem Vertrieb von Normalpapieren befassen, die Prüfung der letzteren als zwingende Nothwendigkeit herausgestellt hat, ist im Voraufgehenden schon zur Genüge erörtert worden; es fragt sich nun aber, welchen Umfang muß diese Prüfung annehmen, damit sie einerseits dem empfundenen Bedürfniß zweckentsprechend angepaßt ist und andererseits auch nicht weiter ausgedehnt wird, als die vorhandenen Verhältnisse sie zuverlässig erscheinen lassen. Für den Fabrikanten wird sich die Bedürfnißfrage wesentlich anders stellen als für den Händler, weil der erstere die Stoffe kennt, aus welchen er sein Papier hergestellt hat, während dem Letzteren hierfür allenfalls die ihm bei der Lieferung gemachten Angaben als Grundlage dienen können. Hierdurch ist schon die Richtung gegeben, in der sich

*) Man begegnet vielfach der irrigen Auffassung, daß das Haarhygrometer zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit für wissenschaftliche Versuche nicht geeignet und das Psychrometer hierfür empfehlenswerther sei. Prof. Dr. Galle, welcher über diesen Gegenstand eine große Reihe eingehender Versuche angestellt hat, bemerkt hierzu: („Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen im Jahre 1882". Veröffentlicht vom Königlichen meteorologischen Institut Berlin 1883). „Unterzieht man sich bei den Haarhygrometern alle 8—14 Tage der geringen Mühe einer Bestimmung des Sättigungspunktes und sorgfältiger Reinigung des Instrumentes, soweit dies nöthig erscheint, so wird man mit diesem Instrument die relative Feuchtigkeit mit mindestens ebenso großer Genauigkeit und meist (namentlich im Winter) wohl noch genauer ablesen können, und zwar ohne alle Rechnung, als mit dem Psychrometer".

Digitized by Google

die etwaigen Prüfungen Beider bewegen werden und bewegen müssen. Weil der Erzeuger des Papiers im Allgemeinen über die Stoffklasse, der sein Papier angehört, nicht im Zweifel sein kann, sein Stoffzettel liefert ihm ja dieselbe unmittelbar, so wird für ihn die Prüfung nur im Hinblick auf die Bestimmung der Festigkeitseigenschaften, der Feststellung der Reißlänge und Bruchdehnung sowie des Widerstandes gegen Zerknittern und Reiben, von Werth sein.

Anders liegen die Verhältnisse für den Händler; dieser kennt weder die Stoffe, welche zur Herstellung seiner Waare verwendet wurden, noch kann er sich ohne weiteres ein Urtheil über ihre Festigkeit bilden; für ihn erwächst somit die Nothwendigkeit der Bestimmung der Stoff- und Festigkeitsklasse.

In beiden Fällen kann nicht eindringlich genug davor gewarnt werden, Prüfungen auszuführen, denen man nicht gewachsen ist. Für die große Mehrheit der Interessenten werden für die Selbstausführung der Untersuchung nur die mit Hülfe der allereinfachsten Methoden und Apparate zu erledigenden Prüfungen in Frage kommen, also etwa die Bestimmung der Reißlänge und Bruchdehnung, die Feststellung des Aschengehaltes und qualitative Untersuchung auf Holzschliff. Bei genügender Anleitung und ordentlichen Apparaten dürfte es nicht allzu schwer halten, in der Ausführung dieser Prüfungen eine gewisse, für die Zwecke der Praxis ausreichende Sicherheit zu erlangen. Auch in der Beurtheilung des Widerstandes des Papiers gegen Zerknittern und Reiben bietet sich für die Interessenten vielfach Gelegenheit zur Ausbildung; über die Art und Weise, in der dieser Versuch seitens der Beamten der Versuchs-Anstalt ausgeführt wird, ist an verschiedenen Stellen ausführlich*) berichtet. Wenn nun der Fabrikant oder Händler mit allen denjenigen Papieren, welche er zur Prüfung an die Versuchs-Anstalt einschickt, den Zerknitterungsversuch selbst ausführt, so wird er in dessen Beurtheilung unter Zugrundelegung der amtlichen Begutachtung bald Uebereinstimmung mit der Versuchs-Anstalt erzielen können. Dem Fabrikanten wird in den seltensten Fällen daran liegen, andere als Festigkeits- und etwa noch Aschenbestimmungen mit der von ihm selbst hergestellten Waare vorzunehmen; für den Händler aber liegt die Versuchung sehr nahe, die Prüfung des ihm gelieferten Materials auch weiter auf die darin enthaltenen Faserstoffe auszudehnen und einem solchen Beginnen kann nur dann beigestimmt werden, wenn die für eine so schwierige Untersuchung nothwendigen Vorbedingungen in jeder Beziehung erfüllt sind.

Wenn es auch, wie schon früher ausführlicher berichtet, einem ausschließlich praktisch Gebildeten nicht sehr schwer fallen wird, sich die für das Arbeiten mit Festigkeitsprüfern und einfachen Aschenwagen nöthigen Kenntnisse anzueignen, so wird dies für die mikroskopischen Untersuchungen nur sehr vereinzelt zutreffen. Ist an sich schon das Mikroskop ein den Laien schwer verständliches Instrument, so erfordert die Beurtheilung der in dem Papier enthaltenen Fasern Vorkenntnisse in der Anatomie der Pflanzen, der Mikrochemie und anderen Gebieten der naturwissenschaftlichen Forschung, die in der Regel erst durch ein eingehendes Studium an geeigneter Stelle erworben werden können.

Das mikroskopische Bild zeigt oft so außergewöhnliche Erscheinungen, daß selbst ein geübter Mikroskopiker Mühe hat, sich vor Täuschungen zu bewahren. Der durch

*) „Papier-Zeitung" 1887 und Seite 23 des „Leitfadens für Papier-Prüfung" vom Verfasser.

Digitized by Google

mechanische Einflüsse in hohem Grade veränderte Zustand der Fasern, die Schwankungen in der Intensität der Färbungen, die abnormalen Erscheinungen bei mikrochemischen Reactionen u. s. w. schaffen Eigenthümlichkeiten, zu deren richtigen Beurtheilung nur unausgesetzte Beschäftigung mit dem Gegenstande führen kann. Es kann deshalb wohl nicht als Ueberhebung bezeichnet werden, wenn auf Grund des oben Gesagten vor der Ausführung von Prüfungen, wie die mittelst des Mikroskopes, eindringlich gewarnt wird, wenn nicht volles Vertrautsein mit solchen Arbeiten vorhanden ist.

Hiermit sollen diese der Papier-Prüfung an sich und ihrer theilweisen Beziehung zur Praxis gewidmeten Betrachtungen abgeschlossen sein.

Wenn sie dazu beitragen, einige an manchen Stellen noch vorhandene Mißstände zu beseitigen, so haben sie ihren Zweck erfüllt und der Papier-Industrie indirekt einen, wenn auch nur kleinen Dienst geleistet.

Je vertrauter sich der Fabrikant mit den Eigenschaften der von ihm verarbeiteten Stoffe und dem aus diesen hergestellten Fabrikat macht, nicht nur durch langjährige, praktische Erfahrung, sondern auch auf Grund eingehender, auf wissenschaftlicher Grundlage beruhender Forschungen, um so sicherer wird er das Feld seiner Thätigkeit beherrschen, um so zielbewußter wird er danach streben können, in seinem Berufszweige unter Benutzung aller Errungenschaften auf seinem Gebiet das Beste zu erzeugen, zu eigenem Nutzen und zur weiteren gedeihlichen Entwickelung der von ihm vertretenen Industrie.

3. Nachweis von Harzöl in fetten und Mineralölen.

Von Dr. Holde, Assistent der Abtheilung für Oelprüfung.

Veranlaßt durch eine von Prof. Morawsky veröffentlichte Mittheilung*) über die Unzulänglichkeit der von mir angegebenen Harzölreaktion**) mittelst Schwefelsäure vom spec. Gewicht 1,530 nahm ich Gelegenheit, die Reaktion noch weiter zu verfolgen. Morawsky hatte bei mehreren von ihm geprüften Harzölen gefunden, daß sie beim Schütteln mit der genannten Säure diese entweder gar nicht oder nur schwach roth färbten, während die hier inzwischen untersuchten Harzöle eine im durchfallenden Lichte deutlich blutrothe, im auffallenden Lichte oft violettroth erscheinende Färbung der Säure hervorriefen. Nach freundlicher Ueberweisung der von Morawsky untersuchten 3 Proben an die Versuchsanstalt konnte ich diese Oele selbst der Behandlung mit Schwefelsäure (spec. Gew. = 1,530) unterwerfen und beobachtete hierbei bei allen 3 Oelen sehr starke Blutrothfärbung der Säure, welche allerdings bei zweien der Proben erst nach heftigem Schütteln eintrat. Bei wiederholten Versuchen fand auch Morawsky diese Beobachtung bestätigt. Die Verzögerung der Reaktion bei einigen der Oele hatte wahrscheinlich zum Theil ihren Grund in der zähflüssigen Beschaffenheit des Materials gegenüber den bislang hier untersuchten Proben.

*) Mittheil. des Technol. Gewerbemuseums Nr. III u. IV S. 79.

**) Mittheil. der Technischen Versuchsanstalten, 1888, S. 88.

Digitized by Google

Wenn hiernach das Verhalten reiner Säure auch bei allen Oelen in Bezug auf die Färbung ein gleich charakteristisches war, so erschien es doch erwünscht, die Reaktion zu verschärfen, da dieselben noch nicht zum Nachweis geringer Mengen einiger Harzöle ausreichte. Es wurden daher Versuche gemacht durch Anwendung einer stärkeren Schwefelsäure eine bessere Einwirkung zu erzielen und hierbei in der That günstigere Ergebnisse gewonnen. Die benutzte Säure hatte das spec. Gewicht 1,624. Zu noch stärkeren Säuren überzugehen, erschien nicht angezeigt, da hier zu starke Einwirkungen auf die übrigen Oele stattfinden konnten. Mit dieser Säure gaben nun alle untersuchten Harzöle, im Ganzen 11 verschiedene Sorten, nach kurzem Schütteln starke Rothfärbungen, unter anderen auch ein hier durch Destillation von Colophonium dargestelltes Harzöl. Es ist daher anzunehmen, zumal Colophonium selbst nicht von der Säure angegriffen wird, daß sich der die Rothfärbung erzeugende Körper erst bei der Destillation der Harze bildet und ein den Harzölen verschiedener Herkunft und Zähflüssigkeit eigenthümlicher Stoff ist. Bei nur kurzem Schütteln färbte sich die Säure vom spec. Gewicht 1,530 bei allen Oelen schwächer roth als diejenige vom spec. Gewicht 1,624. Bezüglich der Empfindlichkeit steht die Reaktion der von Morawsky veränderten Storch'schen Probe (Rothfärbung erzeugt durch Essigsäureanhydrid und Schwefelsäure) nach. Nichtsdestoweniger dürfte sie für technische Zwecke, und zwar in erster Linie als Vorprobe wegen ihrer Einfachheit zu empfehlen sein. Alle untersuchten Proben ließen einen Zusatz von 1,5 % Harzöl noch erkennen, die meisten ergeben aber noch bei 0,5 bis 1 % starke Rothfärbung. Nur Ricinusöl, welches in Folge seiner außerordentlich großen Zähflüssigkeit sich zu schwer mit der Säure mischen läßt, giebt erst bei Gegenwart von 5 % Harzöl nach dem Schütteln deutliche Rothfärbungen der Säure, dagegen setzt sich schon bei Anwesenheit von 1 % Harzöl das Oel nach einiger Zeit mit rother Farbe ab, während reines Ricinusöl sich mit gelblich-weißer Farbe absetzte. Geringere Zusätze als 1 % dürften als absichtliche Verfälschungen überhaupt nicht in Frage kommen. Es mag auch noch darauf hingewiesen werden, daß die durch Essigsäureanhydrid und Schwefelsäure erzeugte Violett-Rothfärbung nicht nur bei Gegenwart von Harzöl, sondern auch bei Anwesenheit von Harz auftritt. Dieser Umstand ist insofern als Mangel der Reaktion zu betrachten, als nur bei sicherer Abwesenheit auch sehr geringer Mengen Harz auf Gegenwart von Harzöl geschlossen werden kann. Dagegen dürfte es zu empfehlen sein, freies Harz mittelst der Reaktion in Oelen nachzuweisen, nachdem man durch die Verseifungs-Probe*) und das Verhalten gegen Schwefelsäure vom spec. Gew. 1,624 die Abwesenheit von Harzöl festgestellt hat. Für Nachweis von Harzölen in Mineralölen ist die Prüfung mit Essigsäureanhydrid und Schwefelsäure deshalb nicht geeignet, weil ein großer Theil letzterer Oele, insbesondere die vielfach zu Schmierzwecken benutzten dunklen Oele, an und für sich mit obigen Reagentien starke dunkle Färbungen geben, welche die durch Harzöl erzeugte Violett-Rothfärbung verdecken.

Zur Ausführung des Harzölnachweises mittelst Schwefelsäure spec. Gew. 1,624 empfiehlt es sich, 5 ccm Oel und Säure in einem mit eingeschliffenen Glasstopfen versehenen Cylinder von ungefähr 15 mm Lichtweite und 7 cm Höhe tüchtig durcheinander zu schütteln, die Mischung alsdann der Ruhe zu überlassen und nach erfolgter Trennung der Oel- und Säureschicht die Farbe der letzteren zu beobachten. Ist diese nur

*) Mittheil., 1889, Heft 2, S. 75.

Digitized by Google

als hellgelb, tiefgelb oder hellbraun zu bezeichnen, so ist Zusatz von Harzöl bis zu den erwähnten Mengen ausgeschlossen.[1]) Hat sich dagegen die Säure stark geröthet oder gebräunt, so muß man, da Thran und Erdnußöl ähnliche Rothfärbungen geben und Mineralöle mit asphaltartigen Substanzen zuweilen Bräunungen hervorrufen, eine neue Probe des Oeles und zwar 10 ccm, mit 20 ccm 86 bis 90 prozentigem Alkohol tüchtig im Kölbchen schütteln und alsdann der Ruhe überlassen. Ebenso muß man bei Ricinusöl verfahren, wenn sich nur das Oel nach dem Schütteln mit rother oder brauner Farbe abgesetzt hat, da die Färbung auch von Thran herrühren kann. Hierbei geht etwa vorhandenes Harzöl in genügender Menge in den Alkohol über, während Thran und Erdnußöl, sowie bei Mineralölen der größte Theil der asphalthaltigen Substanzen zurückbleibt. Bei Gegenwart von solchen Theerölen, welche sich mit tiefbrauner oder schwarzer Farbe in Alkohol lösen, ist der Nachweis nicht durchzuführen, da der von Alkohol befreite Rückstand Bräunung oder Schwärzung der Schwefelsäure veranlaßt. Derartige Oele werden aber als Schmieröle schon an und für sich beanstandet. Es braucht daher hier nur der gewöhnliche Fall ins Auge gefaßt zu werden, daß der Auszug farblos bis tiefgelb erscheint. Es werden alsdann nach dem Absetzen des Oeles einige Tropfen des Alkohols in ein Reagensglas gegossen und mit Schwefelsäure (spec. Gew. 1,624) versetzt. Tritt sofort eine Roth- oder Violettrothfärbung ein, so war Harzöl in größeren Mengen zugegen. War dagegen keine Rothfärbung aufgetreten, so filtrirt man, um etwaige geringere Mengen Harzöl nachzuweisen, den ganzen alkoholischen Auszug durch ein Faltenfilter in ein weites Reagensglas, destillirt den Alkohol ab und prüft den Rückstand, indem man ihn mit 1—2 ccm der Säure schüttelt und deren Färbung beobachtet. Im Uebrigen zeigt der Rückstand, falls er aus Harzöl besteht, in Bezug auf Geruch und Geschmack die diesem Oele charakteristischen Eigenschaften. Auch dürfte es zweckmäßig sein, einen Theil desselben zur weiteren Vergewisserung mit Essigsäureanhydrid und Schwefelsäure vom spec. Gew. 1,530 zu versetzen, wie es Morawsky zum Harzölnachweis vorschlägt. Die hier auf diese Weise behandelten Harzöle gaben sämmtlich schöne Rothfärbungen, welche allerdings sehr unbeständig sind und nach wenigen Augenblicken durch braun und violett ins dunkelgrüne übergehen. Demgegenüber besitzt die durch Schwefelsäure allein erzeugte Färbung den Vorzug großer Beständigkeit.

Thran und Erdnußöl geben übrigens, wie ich in Uebereinstimmung mit Morawsky fand, mit Essigsäureanhydrid und Schwefelsäure vom spec. Gew. 1,530 behandelt, starke braunrothe Färbungen, während die übrigen fetten Oele nur Gelb- oder Grünfärbungen geben, welche sich allerdings wiederum nach kurzer Zeit verändern und hierbei durch Braun und Violettroth in's Schmutzig-Grüne übergehen. Bei Gegenwart ersterer Oele wird man also zur Ausführung der Morawsky'schen Probe, um Irrthümer zu vermeiden, auch erst das Harzöl durch Alkohol von ihnen trennen müssen und zu dem extrahirten Oel die Säure hinzufügen. Die etwaige Vermuthung, daß die mit Schwefelsäure vom spec. Gewicht 1,624 entstehenden Rothfärbungen bei Harzöl, Thran und Erdnußöl auf der Anwesenheit gleicher oder ähnlicher Körper in diesen Oelen beruhe, wird dadurch hinfällig, daß die alkoholischen Auszüge von Thran und Erdnußöl die Färbungen nicht geben, während sich der färbende Körper des Harzöls in Alkohol löst. Abgesehen davon sind die durch Thran und Erdnußöl in der Säure erzeugten Färbungen

[1]) Bei Ricinusöl ist nach dem oben Gesagten die Farbe des Oeles maßgebend.

Digitized by Google

bedeutend schwächer; beim Thran erscheint die Farbe der Säure anfänglich braungelb, wird aber meistens nach kurzer Zeit roth. — Die Gegenwart von Thran als Verfälschung zu anderen fetten Oelen ist allerdings schon der Preisverhältnisse wegen, als auch wegen seines leicht wahrnehmbaren durchdringenden Geruches und Geschmackes nicht wahrscheinlich. Dagegen mag hier darauf hingewiesen werden, daß sich die vielfach als äußerst charakteristisch und zuverlässig empfohlene Prüfung auf Gegenwart von Thran mittelst syrupartiger Phosphorsäure bei den hier mit Thranen von unzweifelhafter Herkunft angestellten Versuchen als durchaus unsicher ergeben hat. Einerseits geben Harzöle ganz starke Rothfärbungen mit dieser Säure, so daß die Färbung keineswegs als charakteristisch für Thran zu betrachten ist, andererseits aber geben nur ganz erhebliche Mengen Thran in anderen Oelen unzweifelhafte Färbungen, während sich nach den Angaben von Schädler*) noch $^1/_{1000}$ Theile Thran mittelst der Reaktion nachweisen lassen sollen. Die beim Schütteln von Harzölen mit Phosphorsäure von mir beobachteten Färbungen waren orangerothe bis blutrothe, während die durch Thran und Phosphorsäure erzeugte Farbe mehr schmutzig braunroth ist und auch erst nach längerem Schütteln eintritt. Bis zu welchem Grade die Reaktion mit Phosphorsäure für Harzöle noch maßgebend ist, soll weiter geprüft werden. Es scheint jedoch nach den bisherigen Ermittelungen, daß die Probe einen ähnlichen Grad der Empfindlichkeit besitzt, wie die Schwefelsäureprobe. Scheinen demnach auch beide Reaktionen in Anbetracht dessen, daß sie bei 11 Proben sehr scharf auftraten, den Harzölen allgemein eigenthümlich zu sein, so wären immerhin noch von anderer Seite bestätigende Versuche in dieser Richtung erwünscht.

IV. Mittheilungen aus der Prüfungs-Station für Baumaterialien.

1. Cementuntersuchungen aus den Betriebsjahren 1887/88 und 1888/89.

Vom Vorsteher Professor Dr. Böhme.

Die nachfolgenden Zusammenstellungen enthalten die Ergebnisse der Cementuntersuchungen aus den Betriebsjahren 1887/88—1888/89 als Fortsetzung der in Heft 2 Jahrgang V 1887 dieser Zeitschrift Seite 120—145 (Betriebsjahre 1884/85—1886/87) veröffentlichten Versuche**).

Diese Untersuchungen sind für die nachstehend angegebenen Cemente 1—32 aus dem Betriebsjahre 1887/88 nach den alten preußischen Normen ausgeführt, während die weiteren Cemente nach den neuen, durch Cirkularerlaß des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 28. Juli 1887 (vergl. Jahrgang 1888 Heft 1 Seite 27 u. ff.

*) Untersuchungen der Fette, Oele ꝛc. 1890, S. 117.

**) Vergl. auch Heft 4 Jahrgang II 1884 Seite 129—143, Heft 1 Jahrgang III 1885 Seite 15—22 dieser Zeitschrift.

Digitized by Google

dieser Zeitschrift) eingesetzten Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement behandelt wurden.

Bei letztgenannten Cementen erfolgte daher die Herstellung der Probekörper für Zug- und Druckfestigkeitsversuche mittelst des Normal-Hammerapparates. Die Probekörper erhärteten, gegen zu schnelle Verdunstung geschützt, die ersten 24 Stunden auf nicht absaugender Unterlage an der Luft. Die Zugprobekörper (mit 5 qcm Zerreißungsquerschnitt) wurden unmittelbar nach dem Einschlagen und erfolgter Glättung von der Form befreit, während die Druckproben (Würfel mit 50 qcm Fläche) nach erfolgter Glättung die ersten 20—24 Stunden an der Luft in der Form erhärteten und hierauf den Formen entnommen mit den Zugproben zugleich unter Wasser von durchschnittlich 17°C gebracht wurden. Der zu den Mörtelproben verwendete Normalsand wog

pro Liter eingerüttelt 1,640 kg
„ „ eingelaufen 1,410 „

Die Korngrößen des Normalsandes sind so beschaffen, daß derselbe ein Sieb mit 60 Maschen pro Quadratmeter vollständig passirt und auf einem von 120 Maschen pro Quadratmeter liegen bleibt.

Die Untersuchungen zeigen, daß den Normen nicht genügten d. h. weniger als 16 kg Zugfestigkeit bezw. 160 kg Druckfestigkeit pro Quadratmeter für die 1+3 Mörtelproben ergaben

im Betriebsjahre	1887/88	1888/89
für Zug	29	31 Cemente
von bezw.	103	137 Cementen,
für Druck	30	50 Cemente
von bezw.	53	121 Cementen

welche für 28 Tage alte Normenproben geprüft wurden.

Unter Hinzunahme der Ergebnisse der Prüfungen auf Feinheit der Mahlung der untersuchten Cemente ergiebt sich folgende statistische Zusammenstellung, aus welcher hervorgeht, daß die Cemente aus dem Betriebsjahre 1888/89 bezüglich der Festigkeitswerthe die des Betriebsjahres 1887/88 in der Hauptsache und bezüglich der Mahlung durchgängig übertreffen.

Betriebsjahr.	Anzahl der auf 28 Tagsfestigkeit geprüften Cemente	Bezüglich Zugfestigkeit | Druckfestigkeit: Cemente unter 16		zwischen 16 u. 20		über 20		unter 160		zwischen 160–200		über 200		Anzahl der auf Mahlung geprüften Cemente	Bezüglich 900 Maschensieb. Cemente mit über 20		zwischen 20 u. 10		unter 10	
		Kilogramm pro Quadratcentimeter.													Procent Rückständen.					
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
1887/88	103[1])	29	28,16	32	33,01	42	40,78	30	56,60	13	24,55	10	18,87	105	3	2,86	13	12,38	89	84,76
1888/89	137[1])	31	22,63	59	43,07	47	34,31	50	41,32	38	31,41	33	27,27	147	1[2])	0,68	3	2,04	143	97,28

[1]) Die 103 Cemente enthalten 53 auf Zug und Druck geprüfte Cemente.
„ 137 „ „ 121 „ „ „ „ „ „
[2]) 1 Puzzolancement.

Digitized by Google

Cement-Untersuchungen aus

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes		Wasser im reinen Cement		Abbindezeit	Temperaturerhöhung	Beim Probemachen war die		
		eingerüttelt pro kg	eingelaufen pro Liter kg	für syrupartige Konsistenz pCt.	beim Abbinden auf Glas pCt.	Std.	Co	Temperatur der Luft Co	Temperatur des Anmachewassers Co	Feuchtigkeitsgehalt der Luft pCt.
										Cemente aus dem
1	Portland-Cement, Ursprungsangabe nicht gestattet	2,169	1,419	35	31,5	2	9,2	21,6	16,2	66
2	Puzzolan-Cement der Cementfabrik Victoria, Act.-Ges. Berlin	1,518	0,919	48,5	41,5	3	2,9	21,5	16,2	66
3	Cement des Portland-Cementwerkes Heidelberg, Schifferdecker & Söhne, Heidelberg	1,950	1,213	32	28	1/4	6,4	21,2	16,3	68
4	Roman-Cement. Antr. Maurermstr. W. Schmidt, Stralsund	1,528	0,995	45,5	40	7 Min.	12,1	21,4	16,3	68
5	Portland-Cement aus der Fabrik „Ascania" in Nienburg a./S. Antr. Kgl. Berginspektion zu Staßfurt	1,792	1,151	37	33	1 3/4	0,8	21,8	16,3	67
6	Portland-Cement Ursprungsangabe nicht gestattet	1,709	0,986	40	34	3	2,0	22,5	16,1	69
7	Desgl.	1,755	1,235	41,5	35,5	5	1,2	22,4	16,3	67
8	Portland-Cement ohne Ursprungsangabe. Antr. Oberingenieur A. Saligny, Bukarest	2,018	1,306	31	26	3 1/2	3,6	18,2	15,6	68
9	Puzzolan-Cement der Fabrik in Thale. Antr. Reichstagsbauverwaltung, Berlin	1,561	0,935	44,5	38	3 1/2	0,2	21,4	16,2	68
10	Cement des Pommerschen Industrievereins auf Aktien zu Stettin. Antr. Kgl. Fortifikation in Thorn	1,951	1,295	32	27	1/2	9,3	19,5	16,3	68
11	Portland-Cement, angeliefert für Fort Bismarck am 21. April 1887. Antr. Kaiserliche Fortifikation Straßburg i./E.	2,101	1,481	31,5	26,5	25 Min.	5,8	18,8	15,6	68
12	Portland-Cement, angeliefert für Fort Baden am 25. April 1887. Antr. dieselbe	1,953	1,239	31,5	25,3	4	1,1	18,9	15,6	68
13	Portland-Cement, angeliefert für Fort Roon am 23. April 1887. Antr. dieselbe	2,070	1,383	30,5	25,3	5—6	1,9	19,1	15,8	69
14	Cement ohne Ursprungsangabe. Antr. Oberingenieur A. Saligny in Bukarest	1,946	1,275	31	26	6	2,2	18,6	15,7	68
15	Puzzolan-Cement der Gewerkschaft Carl Otto in Cöln a./Rh.	1,524	0,965	43,5	38,3	40 Min.	4,8	20,1	16,8	68
16	Puzzolan-Cement der Cementfabrik Viktoria, A.-G., Berlin	1,351	0,783	54	41,8	10	1,2	20,3	16,8	68
17	Portland-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	2,071	1,462	31	25,5	1 1/4	4,1	21,5	16,8	68
18	Cement zum Bau des Centralbahnhofes in Düsseldorf	1,971	1,352	35	31	35 Min.	5,9	20,6	16,2	69
19	Cement der Cementfabrik Viktoria, A.-G. in Thale. Antr. Reichstagsbauverwaltung, Berlin	1,609	0,861	53	42,6	4	2,9	20,2	16,4	69
20	Cement zum Bau des Centralbahnhofes in Düsseldorf	1,851	1,273	32	26,7	1	4,1	20,2	16,2	69
21	Cement der Portland-Cementfabrik für Rheinisch-Westfälische Industrie in Beckum. Antr. Kgl. Fortifikation in Cöln	2,031	1,375	30	25,5	20 Min.	8,9	20,1	16,2	69

[1]) Die fett gedruckten Zahlen sind Angaben für Druckversuche mit Würfeln von 50 qcm Seitenfläche und entsprechen den dann

Digitized by Google

m Betriebsjahre 1887/88.

12					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Mahlung auf					Reiner Cement					100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
0	900	600	324	180										
Maschen pro qcm Rückstände					Wasser in den Cement-proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben		Wasser in den 1+3 Mörtel-proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben	
								Zug $\frac{G_z}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$				Zug $\frac{G_z}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$
	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	7 Tage	28 Tage			pCt.	7 Tage	28 Tage		
etriebsjahre 1887/88.														
					19,50	306,4 [1])	410,2 [1])	—	2,172	10,50	110,8 [1])	165,9 [1])	—	2,237
,0	2,5	0,0	—	—	19,50	39,83	45,15	2,169	—	10,50	17,28	21,05	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	137,8	213,1	—	2,237
,0	2,5	1,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	10	19,43	28,20	2,239	—
,0	6,0	2,5	1,0	0,0	—	—	—	—	—	10	13,15	18,83	2,225	—
					—	—	—	—	—	11	25,6	56,1	—	2,186
,0	20,0	14,5	10,0	4,0	—	—	—	—	—	11	4,25	10,35	2,183	—
,0	6,0	2,5	1,5	0,0	19	14,75	19,60	2,070	—	10	7,70	12,75	2,239	—
					—	—	—	—	—	9,50	43,1	74,9	—	2,223
,0	7,5	3,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	9,50	5,75	11,75	2,225	—
,0	17,0	9,0	5,0	1,5	—	—	—	—	—	10	8,98	12,70	2,211	—
,0	7,0	3,0	1,0	0,0	16	45,42	58,29	2,141	—	9,25	16,48	22,88	2,211	—
					—	—	—	—	—	10	91,2	158,1	—	2,220
,0	7,0	2,0	1,5	1,0	—	—	—	—	—	10	13,90	20,80	2,225	—
					—	—	—	—	—	10,25	102,6	154,3	—	2,208
,0	11,0	4,0	1,5	0,0	—	—	—	—	—	10,25	19,40	21,15	2,211	—
,0	4,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	—	10,50	14,03	16,20	2,239	—
,0	5,0	2,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	9,50	15,83	19,25	2,239	—
,0	8,5	3,0	1,0	0,5	—	—	—	—	—	9,50	12,65	17,98	2,225	—
,0	5,5	2,0	1,0	0,0	16	47,60	54,25	2,141	—	9,25	17,40	21,58	2,211	—
					—	—	—	—	—	10	138,1	178,9	—	2,225
,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	16,55	21,88	2,225	—
,0	1,0	0,0	—	—	25	17,88	38,15	1,817	—	10	7,88	23,03	2,225	—
0,0	8,0	2,5	1,0	0,0	17,5	29,63	—	2,155	—	9,50	—	12,18	2,197	—
0,0	5,0	2,0	1,0	0,5	—	—	—	—	—	10	8,45	15,73	2,225	—
					—	—	—	—	—	10	139,3	205,6	—	2,225
3,0	3,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	—	10	19,60	25,20	2,225	—
0,0	16,5	8,0	4,0	1,0	—	—	—	—	—	10	—	14,10	2,235	—
					17	283,7	366,0	—	2,163	—	95,2	143,5	—	2,220
4,0	10,0	3,0	1,0	0,5	17	34,45	41,90	2,162	—	10	10,85	15,20	2,225	—

henden Werthen für Zugproben.

Digitized by Google

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes		Wasser im reinen Cement		Abbinde-zeit	Temperatur-erhöhung	Beim Probenmache war die Temperatur		Festigkeit der Cem
		eingerüttelt pro kg	eingelaufen Liter kg	für syrupartige Konsistenz pCt.	beim Abbinden auf Glas pCt.	Std.	Co	der Luft Co	des Anmachewassers Co	pCt.
22	Portland-Cement. Journ.-Nr. 5239 . . .	1,741	1,155	36,5	31,5	4	0,7	20,4	16,3	69
23	Puzzolan-Cement. Jour.-Nr. 5246	1,521	0,953	48	41	7½	2,1	20,3	16,2	71
24	Portland-Cement der preußischen Portland-Cementfabrik Reinh. Hochschultz Nachflg. zu Neustadt i. Westpr. Antr. Aug. Honig in Königsberg	2,051	1,430	29,5	24,5	1	3,8	21,3	16,2	68
25	Cement der österreichischen Portland-Cementfabrik, A.-G. in Szczakowa	1,831	1,203	36,5	31,3	6	2,2	21,4	16,2	69
26	Portland-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	2,031	1,418	31	25,3	7	2,1	22,2	16,1	68
27	Portland-Cement bezw. Portland-Cementfabrik Dyckerhoff & Söhne, Amöneburg bei Biebrich a. Rh.	2,088	1,492	31	26	4	1,2	22,5	16,2	68
28	Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet . .	1,720	1,181	38,5	33,5	4	1,9	23,5	16,2	68
29	Portland-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,876	1,236	31	25,4	4	5,1	22,0	16,1	69
30	Portland-Cement von L. Schottländer, Portland-Cementfabrik zu Oppeln	1,963	1,308	30	24,8	3	2,7	24,1	16,5	71
31	Cement ohne Ursprungsangabe. Antr. Rob. Wünsch, Cement-Techniker, Budapest . . .	2,180	1,597	26,5	22,5	9	1,8	23,5	16,8	72
32	Portland-Cement ohne Ursprungsangabe Antr. Kanalisationsverwaltung der Stadt Düsseldorf	1,978	1,283	32	26,4	1¼	3,9	22,4	16,2	69
33	Cement ohne Ursprungsangabe. Antr. Kgl. Fortifikation in Wilhelmshaven	1,809	1,261	32	26	5	3,4	20,2	16,1	71
34	Cement. Journ.-Nr. 5395	1,891	1,337	36	32	3¾	4,5	22,6	16,3	68
35	Portland-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,998	1,392	30	26,3	7	1,2	21,8	16,2	68
36	Portland-Cement von L. Schottländer, Portland-Cementfabrik, Oppeln	1,997	1,372	30	25	5	2,9	23,2	16,4	70
37	Portland-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	2,024	1,397	32,5	29	3	3,1	22,5	16,3	69
38	„Cementmarke I, Fort IV". Antr. Kgl. Fortifikation, Cöln	1,922	1,329	34	29,50	1¼	3,1	22,5	16,1	70
39	„Cementmarke II, Fort VIII." Antr. dieselbe	1,956	1,322	32	28	2½	3,6	22,8	16,3	68
40	Puzzolan-Cement. Antr. Kaiserliche Fortifikation, Straßburg	1,731	1,066	39	30	6	0,8	22,6	16,2	69
41	Cement ohne Ursprungsangabe. Antr. Diss & Dücker in Düsseldorf	1,686	1,176	33	28,4	2	1,8	21,9	16,2	69
42	„Cement". Ursprungsangabe nicht gestattet .	1,957	1,334	30	25,2	7	3,6	23,2	16,3	70
43	Portland-Cement von der Alsenschen Portland-Cementfabrik in Hamburg	1,986	1,336	30	26,3	6	5,1	21,2	16,3	68
44	„Portland-Cement". Antr. Th. Osterritter in Stuttgart	2,032	1,465	29,5	24,8	7	2,4	20,5	16,2	68
45	Cement der Fabrik von Schottländer in Oppeln. Antr. Kgl. Fortifikation in Thorn	1,962	1,286	30	25,3	4	3,2	21,4	16,3	69

Digitized by Google

12					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Mahlung auf					Reiner Cement					100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
0	900	600	324	180										
Maschen pro qcm Rückstände					Wasser in den Cement-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben		Wasser in den 1+3 Mörtel-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben	
								Zug $\frac{G_s}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V^1}=\gamma_1$				Zug $\frac{G_s}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V^1}=\gamma_1$
t.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	7 Tage	28 Tage			pCt.	7 Tage	28 Tage		
					18,75	192,9	241,6	—	2,045	9,75	77,8	108,0	—	2,256
0	0,5	0,0	—	—	18,75	26,10	31,35	2,042	—	9,75	9,30	13,88	2,254	—
					—	—	—	—	—	9,50	140,7	191,8	—	2,242
0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	—	—	9,50	20,15	25,73	2,239	—
					—	—	—	—	—	9,50	89,7	126,2	—	2,211
0	6,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	—	9,50	13,10	19,33	2,211	—
					18,75	405,2	506,6	—	2,144	9,75	198,6	260,2	—	2,237
0	0,0	—	—	—	18,75	42,15	50,73	2,141	—	9,75	22,10	28,13	2,239	—
0	5,0	1,0	0,0	—	16	35,05	—	2,127	—	9,50	13,80	17,03	2,197	—
0	11,5	5,0	2,0	0,5	16	25,43	29,83	2,127	—	9,50	—	12,13	2,169	—
0	0,0	—	—	—	19,75	36,08	38,75	1,972	—	9,50	20,85	28,45	2,225	—
0	17,5	7,0	1,5	0,0	—	—	—	—	—	10	15,10	—	2,225	—
					15,50	375,4	506,30	—	2,200	9,25	125,0	179,0	—	2,225
0	8,0	2,0	1,0	0,5	15,50	44 28	52,55	2,197	—	9,25	15,78	20,18	2,225	—
0	19,5	8,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	9,50	—	13,55	2,155	—
1	4,5	0,0	—	—	—	—	—	—	—	9,50	9,63	13,53	2,239	—
1	8,5	4,0	2,0	0,5	—	—	—	—	—	9,50	—	17,75	2,225	—
1	8,0	1,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	10	8,70	13,20	2,225	—
	4,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	—	9,25	11,18	15,88	2,225	—
					16	413,3	568,6	—	2,203	9,25	170,8	220,5	—	2,223
	3,0	0,5	0,0	—	16	44,88	52,90	2,197	—	9,25	18,38	23,80	2,225	—
	3,0	0,4	0,0	—	—	—	—	—	—	9,25	11,25	17,65	2,225	—
	2,0	1,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	9,75	11,85	17,50	2,225	—
	2,0	1,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	9,50	11,73	17,23	2,225	—
	4,0	1,0	0,5	0,1	—	—	—	—	—	10	12,18	20,38	2,239	—
	11,0	5,0	3,0	2,0	—	—	—	—	—	9,50	11,25	17,48	2,225	—
					—	—	—	—	—	9,50	100,2	153,8	—	2,220
	9,0	4,0	2,0	0,2	—	—	—	—	—	9,50	13,35	19,28	2,225	—
	4,0	2,0	0,2	0,0	17	68,08	66,43	2,169	—	9,25	22,75	25,93	2,225	—
					—	—	—	—	—	9,50	88,3	112,2	—	2,214
	16,0	6,0	2,0	0,2	—	—	—	—	—	9,50	11,13	15,53	2,225	—
					—	—	—	—	—	9,25	108,0	167,8	—	2,223
	5,0	1,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	9,25	15,95	20,20	2,225	—

Digitized by Google

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt pro kg	Gewicht des reinen Cementes eingelaufen pro Liter kg	Wasser im reinen Cement für syrupartige Konsistenz pCt.	Wasser im reinen Cement beim Abbinden auf Glas pCt.	Abbindezeit Std.	Temperaturerhöhung C°	Beim Probemachen war die Temperatur der Luft C°	Beim Probemachen war die Temperatur des Anmachewassers C°	
46[1])	„Cement". Antr. Abtheilungs-Baumeister A. Gier in Altenahr. Neubau: Ahrweiler-Adenau	1,859	1,294	31,5	27,3	10	1,6	22,1	16,4	82
47[1])	Desgl.	1,874	1,298	30,5	25,2	11	0,3	21,8	16,3	69
48	Portland-Cement der Fabrik Germania in Lehrte. Antr. Kaiserliche Fortifikation in Straßburg i./E.	1,672	1,139	32,5	28,3	6	1,9	19,8	16,1	72
49	Cement der Höxterschen Portland-Cementfabrik von J. H. Eichwald Söhne in Höxter a. d. Weser. Antr. Kgl. Fortifikation in Cöln	1,853	1,246	31,5	27,2	2½	2,8	19,2	16,0	72
50	Cement der Hannoverschen Portland-Cementfabrik, Akt.-Ges. vorm. Kuhlemann & Meyerstein in Hannover. Antr. dieselbe	1,932	1,351	30,5	25,8	3	1,1	19,4	16,0	72
51	Puzzolan-Cement der Gewerkschaft Carl Otto in Cöln. Antr. dieselbe	1,503	0,965	35	28,8	4½	1,6	19,1	16,0	71
52	Cement aus der Fabrik „Westfalia", Akt.-Ges. für Fabrikation von Portland-Cement und Wasserkalk zu Beckum in Westfalen. Antr. dieselbe	1,873	1,272	32	28	½	6,2	19,5	16,1	70
53	Cement aus der Portland-Cement-Fabrik Germania, H. Manske & Co. in Lehrte bei Hannover. Antr. dieselbe	1,785	1,287	32	28	7	1,8	18,8	16,0	71
54	Cement der Portland-Cementfabrik von L. Schottländer in Oppeln. Antr. Kgl. Fortifikation der Feste Boyen bei Lötzen	1,813	1,330	30	24,8	5	2,1	19,3	16,1	71
55	„Cement". Ursprungsangabe nicht gestattet	1,827	1,250	31	25,8	6½	2,9	18,2	15,8	72
56	Cement. Journ.-Nr. 5462	1,754	1,283	32	26,2	8	2,3	18,6	15,8	72
57	Cement ohne Ursprungsangabe. Antr. Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Gesellschaft	1,893	1,350	29	25,3	1	6,5	18,4	15,8	72
58	Portland-Cement der Breitenburger Portland-Cementfabrik in Lägerdorf bei Itzehoe	1,929	1,313	33	30,2	½	9,1	18,5	15,8	74
59	Portland-Cement. Journ.-Nr. 5465	1,833	1,243	40	32,6	8 Min.	10,8	18,2	16,0	73
60	Portland-Cement von Alsenschen Portland-Cementfabriken in Hamburg	1,918	1,287	30	26,3	3¼	5,2	18,0	15,8	74
61	Cement ohne Ursprungsangabe. Antr. Kgl. Eisenbahnbetriebsamt Hannover-Rheine zu Hannover	1,802	1,287	31	27	9	2,3	18,6	15,9	72
62[1])	Desgl.	1,799	1,288	33	28,5	9½	1,4	18,5	15,8	72
63	Cement der Schlesischen Akt.-Ges. für Portland-Cementfabrikation zu Groschowitz bei Oppeln, geliefert für den Neubau der Infanteriekaserne auf Langgarten zu Danzig	1,745	1,293	31,5	24,8	3¼	1,4	20,6	15,8	71
64	Cement der Firma Narjes & Bender in Kupferdreh. Antr. Kgl. Fortifikation in Cöln	1,838	1,323	30	25	6¼	1,1	20,1	15,8	68
65	„Cement". Ursprungsangabe nicht gestattet	1,789	1,257	31	24,4	6½	3,2	20,2	15,6	72

[1]) Volumenbeständigkeit bei Nr. 46, 47 und 62 nicht vorhanden.

Digitized by Google

12					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Mahlung auf					Reiner Cement					100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
900	900	600	324	180										
Maschen pro qcm Rückstände					Wasser in den Cement-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben		Wasser in den 1+3 Mörtel-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben	
								Zug	Druck				Zug	Druck
Ct.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	7 Tage	28 Tage	$\frac{G_z}{V}=\gamma$	$\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$	pCt.	7 Tage	28 Tage	$\frac{G_z}{V}=\gamma$	$\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$
					—	—	—	—	—	9,25	14,8	33,5	—	2,220
2,0	10,0	4,0	1,9	0,2	—	—	—	—	—	9,25	3,05	6,35	2,225	—
					—	—	—	—	—	9,25	12,5	29,7	—	2,214
6,0	20,0	12,0	6,0	1,0	—	—	—	—	—	9,25	3,34	4,98	2,218	—
2,0	1,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	—	9,50	22,15	24,03	2,239	—
					16,50	157,0	205,2	—	2,189	9,50	58,5	81,8	—	2,234
8,0	9,0	4,0	1,0	0,0	16,50	23,88	30,90	2,190	—	9,50	8,05	14,33	2,239	—
					15,50	275,1	343,8	—	2,214	9,25	89,3	131,5	—	2,243
4,0	7,0	4,0	1,5	0,0	15,50	33,15	39,30	2,211	—	9,25	12,63	17,85	2,246	—
					18	143,4	195,4	—	1,958	9,50	48,9	71,0	—	2,223
6,0	0,1	0,0	—	—	18	23,95	36,10	1,958	—	9,50	7,83	13,70	2,225	—
					17,50	286,5	359,5	—	2,177	9	108,1	164,8	—	2,237
2,0	5,0	3,0	0,2	0,0	17,50	35,80	41,43	2,187	—	9	12,60	15,83	2,239	—
					16,50	474,2	547,8	—	2,152	9,50	165,3	230,2	—	2,242
0,0	2,0	1,0	0,0	—	16,50	56,95	61,93	2,155	—	9,50	18,38	22,53	2,246	—
4,0	3,0	1,0	0,0	—	16	47,83	55,28	2,197	—	9,25	19,33	23,48	2,225	—
					—	—	—	—	—	9,25	184,2	221,5	—	2,237
4,0	1,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	9,25	15,38	18,48	2,239	—
8,0	9,0	3,0	0,7	0,0	—	—	—	—	—	9,50	6,85	12,78	2,239	—
					—	—	—	—	—	9,25	95,2	128,2	—	2,220
8,0	14,0	7,0	3,0	1,0	—	—	—	—	—	9,25	12,38	16,03	2,225	—
					18,50	267,4	327,6	—	2,163	10	113,2	163,7	—	2,237
6,0	5,0	2,0	1,0	0,0	18,50	37,70	43,00	2,169	—	10	14,33	18,55	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	136,9	185,6	—	2,251
1,0	2,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	10	17,98	23,43	2,254	—
4,0	4,0	1,0	0,3	0,0	16	65,48	—	2,183	—	9,25	25,38	—	2,225	—
4,0	1,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	9,25	15,58	19,08	2,225	—
6,0	2,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	—	9,50	11,23	15,63	2,225	—
					—	—	—	—	—	9	130,5	184,0	—	2,248
4,0	4,0	1,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	9	15,88	22,10	2,254	—
					15,50	319,9	518,8	—	2,169	9	8,7	158,1	—	2,237
8,0	3,0	1,0	0,2	0,0	15,50	35,55	49,40	2,169	—	9	9,48	15,58	2,239	—
8,0	1,0	0,1	0,0	—	11	—	38,13*)	2,239	—	9,25	—	21,88	2,258	—

*) Die Zahl bezieht sich auf Mischung 1 : 1.

Digitized by Google

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt pro Liter kg	Gewicht des reinen Cementes eingelaufen pro Liter kg	Wasser im reinen Cement für syrupartige Konsistenz pCt.	Wasser im reinen Cement beim Abbinden auf Glas pCt.	Abbindezeit[1]) Std.	Temperaturerhöhung C°	Beim Probenmachen war die Temperatur der Luft C°	Beim Probenmachen war die Temperatur des Anmachewassers C°	Feuchtigkeit der Luft pCt.
66	Portland-Cement der Portland-Cementfabrik Hemmoor (vorm. J. H. Hagenah zu Hemmoor an der Oste). Antr. Kgl. Fortifikation in Cöln	1,793	1,256	31	25,3	4	3,5	21,8	15,6	69
67	Desgl.	1,786	1,190	33,5	28,8	4	5,1	19,2	16,1	71
68	Cement. Journ.-Nr. 5494	1,889	1,311	30	23	4	1,2	21,4	16,2	68
69	Portland-Cement aus der Cementfabrik, Hemmoor. Antr. Baukondukteur E. Richter in Hamburg, Baudeputation	1,785	1,249	31	25,3	4	5,1	22,0	15,5	69
70	Patent-Portland-Cement aus der Fabrik von Ed. Fewer in Lägerdorf. Antr. E. Richter, Baukondukteur in Hamburg, Baudeputation	1,694	1,214	32	27,3	$4^1/_3$	1,9	21,4	15,5	69
71	Portland-Cement aus der Vorwohler Cementfabrik bei Harburg Antr. derselbe	1,772	1,268	33	27,4	$4^1/_2$	1,3	22,1	15,7	6[illegible]
72	Portland-Cement der Portland- und Roman-Cementfabriken zu Karlstadt i/M. von Ludwig Roth	1,917	1,281	32	27,2	5	4,3	21,3	15,2	69
73	Portland-Cement aus der Vorwohler Portland-Cementfabrik Prüssing, Planck & Co. in Holzminden. Antr. Oberbaudirektor Franzius in Bremen	1,807	1,226	37	32,9	$2^3/_4$	3,9	21,6	15,1	70
74	Portland-Cement aus der Lüdenscheider Portland-Cementfabrik in Lüdenscheid. Antr. Kaiserliche Fortifikation in Metz	1,848	1,246	33	27,5	20 Min.	9,1	20,4	16,2	69
75	Portland-Cement ohne Ursprungsangabe. Antr. A. Saligny, ingénieur en chef du service etc. in Bukarest, Calea Grivita 16	1,811	1,260	34	28,3	$3^1/_2$ $5^1/_4$	2,6	21,2	16,4	69
76	Portland-Cement der Cementfabrik „Ascania" zu Nienburg a. d. Saale. Antr. Kaiserliche Fortifikation Straßburg i./E.	1,529	1,025	39	32,5	$2^1/_2$ $4^3/_4$	2,2	19,1	16,2	68
77	Cement ohne Ursprungsangabe. Antr. Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Gesellschaft in Hamburg	1,897	1,277	30	24,5	$2^3/_4$ $3^3/_4$	1,9	20,5	15,1	69
78	Puzzolan-Cement der Cementfabrik „Victoria" in Berlin, Belle-Alliancepl. 15	1,414	0,857	50	41,6	9	2,1	20,4	15,1	69
79	Cement. Antr. Kgl. Garnisonverwaltung II. in Berlin	1,849	1,246	34	28,3	$3^3/_4$ $4^3/_4$	2,5	21,2	15,3	69
80	Desgl.	1,937	1,287	32	25,6	$4^1/_4$ $5^1/_2$	0,5	21,0	15,1	69
81	Desgl.	1,769	1,178	34	27,2	$5^1/_4$ 6	2,4	21,9	15,2	70
82	Desgl.	1,818	1,174	37	30,8	3 Min. 20 Min.	10,5	21,6	15,1	68
83	Desgl.	1,872	1,340	34	27,2	1 $1^3/_4$	2,0	22,2	15,3	70
84	Desgl.	1,843	1,222	33	27,3	3 4	1,7	21,6	15,0	66
85	Desgl.	1,989	1,338	35	27,3	20 Min. 40 Min.	8,1	20,8	15,0	69

[1]) Die obere Zahl in der Spalte 7 bedeutet den Erhärtungsanfang.

Digitized by Google

12					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Mahlung auf					Reiner Cement					100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
900	900	600	324	180										
Maschen pro qcm Rückstände					Wasser in den Cement-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben		Wasser in den 1+3 Mörtel-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben	
								Zug $\frac{G_z}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$				Zug $\frac{G_z}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$
St.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	7 Tage	28 Tage			pCt.	7 Tage	28 Tage		
					16	354,4	458,4	—	2,152	9,25	148,5	191,3	—	2,220
2,0	8,0	4,0	1,0	0,1	16	45,58	48,85	2,155	—	9,25	16,85	20 93	2,225	—
					17,25	345,8	413,0	—	2,138	9,50	167,3	214,4	—	2,237
0,0	3,0	2,0	1,0	0,0	17,25	86,90	44 63	2,141	—	9,50	17,33	22,58	2,239	—
4,0	32,0	25,0	16,0	4,0	—	—	—	—	—	10,25	3,55	6,43	2,225	—
2,0	8,0	4,0	2,0	0,0	—	—	—	—	—	9,25	16,68	22,75	2,225	—
2,0	4,0	2,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	9,50	20,30	24,28	2,225	—
5,0	2,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	9,50	12,63	17,73	2,225	—
					16,50	411,4	514,7	—	2,189	8,40	179,3	222,9	—	2,237
4,0	1,0	0,1	0,0	—	16,50	55,00	63,50	2,190	—	8,40	21,10	26,15	2,239	—
					19	287,4	347,3	—	2,093	9,50	104,9	142,6	—	2,239
3,0	1,0	0,3	0,0	—	19	30,75	38,93	2,099	—	9,50	12,75	17,78	2,246	—
					18	185,4	257,6	—	2,175	9,25	65,7	113,3	—	2,220
0,0	0,2	0,0	—	—	18	24,38	30,75	2,183	—	9,25	9,43	16,50	2,225	—
					16,50	371,5	522,0	—	2,194	9,25	115,5	173,3	—	2,254
0,0	4,0	1,0	0,1	0,0	16,50	88,00	51,25	2,197	—	9,25	15,63	20,80	2,254	—
3,0	10,0	6,0	3,0	0,1	—	—	—	—	—	10	6,60	10,05	2,225	—
					—	—	—	—	—	9,50	101,2	149,4	—	2,226
0,0	9,0	4,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	9,50	15,63	20,80	2,232	—
					25	151,4	241,0	—	1,868	10	85,6	136,0	—	2,217
2,0	2,0	0,4	0,0	—	25	23,80	27,15	1,873	—	10	13,83	19,58	2,225	—
3,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	—	—	9,50	26,05	31,45	2,310	—
2,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	—	—	9,25	17,85	25,28	2,268	—
1,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	—	—	9,50	14,95	19,68	2,282	—
1,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	15,00	22,08	2,310	—
2,0	5,0	2,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	9,75	13,83	18,38	2,268	—
1,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	—	9,50	19,13	25,55	2,296	—
1,0		2,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	10	16,03	19,85	2,296	—

Digitized by Google

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt pro kg	Gewicht des reinen Cementes eingelaufen Liter kg	Wasser im reinen Cement für syrupartige Konsistenz pCt.	Wasser im reinen Cement beim Abbinden auf Glas pCt.	Abbindezeit Std.	Temperaturerhöhung C°	Beim Probenmachen war die Temperatur der Luft C°	Beim Probenmachen war die Temperatur des Anmachewassers C°	Feuchtigkeitsgehalt der Luft pCt.
86	Cement. Antr. Kgl. Garnisonverwaltung II. in Berlin	1,424	0,925	47	36,2	6 7	1,0	20,4	15,0	70
87	Desgl.	1,529	1,017	40	32,6	5 Min. 10 Min.	6,1	21,3	15,2	69
88	Desgl.	1,836	1,227	34	27,2	10 Min. 20 Min.	4,5	21,5	15,2	69
89	Desgl.	1,891	1,301	33,5	26,8	20 Min. 1	4,1	21,0	15,2	70
90	Portland-Cement von Boecking & Dietzsch, Portland-Cementfabrik in Malstatt bei Saarbrücken	1,917	1,305	30	23,7	25 Min. 3/4	5,3	19,6	15,0	68
91	„Cement". Ursprungsangabe nicht gestattet	1,832	1,247	36	30	5 Min. 20 Min.	5,7	22,1	15,4	68
92	Desgl.	1,861	1,298	37	30,8	5 Min. 20 Min.	5,0	21,9	15,4	68
93	Cement aus der Fabrik von Boecking & Dietzsch in Malstatt. Antr. Kaiserliche Fortifikation Diedenhofen	1,885	1,297	34	27,2	5 Min. 20 Min.	4,2	22,4	15,2	69
94	Portland-Cement von Boecking & Dietzsch, Portland-Cementfabrik in Malstatt bei Saarbrücken	1,856	1,278	31	24,8	3 1/4 4 1/4	2,9	20,2	15,3	69
95	Puzzolan-Cement der Cementfabrik Victoria in Berlin, Belle-Alliancepl. 15	1,398	0,885	48	38,4	5 9	2,0	21,2	15,2	69
96	Puzzolan-Cement von Albrecht Stein in Wetzlar (Bahnhof)	1,586	1,006	40	30,2	2 3 1/2	2,2	19,8	15,0	69
97	Portland-Cement. Journ.-Nr. 5781	1,782	1,258	37	30,8	1 3/4 4 1/4	1,2	20,6	15,2	69
98	Puzzolan-Cement ohne Ursprungsangabe. Antr. Kgl. Eisenbahn-Betriebsamt der Stadt- und Ringbahn in Berlin, Invalidenstr. 51	1,585	0,958	43	33,4	5 7	2,1	18,1	15,2	69
99	Cement der Skånska-Cement-Actie-Bolaget in Malmö	1,887	1,216	34	28,3	10 Min. 20 Min.	6,5	17,4	15,1	69
100	„Puzzolan-Cement". Ursprungsangabe nicht gestattet	1,379	0,850	51	37,8	3/4 1 3/4	2,9	22,1	16,0	69
101	Desgl.	1,486	0,980	43	31,3	3 4	2,25	18,4	15,8	69
102	Portland-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	2,006	1,352	32	27,4	35 Min. 1 1/4	2,4	18,3	15,8	66
103	Puzzolan-Cement der Cementfabrik von Albrecht Stein in Wetzlar. Antr. Kreisbaumeister W. Witte in Wetzlar	1,585	1,030	40	30,2	2 3 1/2	0,2	18,2	15,5	69
104	Cement aus der Mannheimer Portland-Cementfabrik. Antr. Kaiserliche Fortifikation in Metz	1,999	1,350	32	27	5 Min. 15 Min.	6,4	18,1	15,6	69
105	Cement aus der Fabrik von Dyckerhoff & Söhne in Amöneburg. Antr. Kaiserliche Fortifikation in Metz	1,972	1,396	32	26	10 Min. 35 Min.	2,6	18,2	15,6	70

*) Die obere Zahl in der Spalte 7 bedeutet den Erhärtungsanfang.

Digitized by Google

12					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Mahlung auf					Reiner Cement					100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
00	900	600	324	180										
Maschen pro qcm Rückstände					Wasser in den Cement-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben		Wasser in den 1 + 3 Mörtel-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben	
								Zug	Druck				Zug	Druck
St.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	7 Tage	28 Tage	$\frac{G_z}{V}=\gamma$	$\frac{G_d}{V^1}=\gamma_1$	pCt.	7 Tage	28 Tage	$\frac{G_z}{V}=\gamma$	$\frac{G_d}{V^1}=\gamma_1$
0,0	2,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	—	10	11,90	20,83	2,282	—
4,0	5,0	2,0	0,6	0,0	—	—	—	—	—	10	13,73	22,50	2,310	—
2,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	14,85	22,08	2,296	—
6,0	5,0	2,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	10	9,43	14,40	2,282	—
					—	—	—	—	—	9,50	99,7	141,2	—	2,220
2,0	3,0	0,7	0,0	—	—	—	—	—	—	9,50	13,90	18,90	2,225	—
					—	—	—	—	—	10	71,0	104,3	—	2,237
2,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	8,20	13,23	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	80,0	108,4	—	2,237
6,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	7,68	14,30	2,239	—
					18	222,2	311,8	—	2,149	10	92,4	134,1	—	2,223
6,0	5,0	2,0	0,7	0,0	18	28,48	32,65	2,155	—	10	11,45	17,73	2,225	—
					—	—	—	—	—	9,25	85,9	127,3	—	2,220
8,0	7,0	3,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	9,25	10,60	16,46	2,225	—
6,0	2,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	—	10	12,40*)	19,65*)	2,225	—
					16,50	313,6	377,7	—	2,039	9,25	109,2	153,7	—	2,259
8,0	0,6	0,0	—	—	16,50	36,23	41,03	2,042	—	9,25	13,90	18,83	2,361	—
2,0	8,0	4,0	2,0	0,1	—	—	—	—	—	9,75	13,50	18,78	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	106,9	151,2	—	2,242
4,0	3,0	1,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	10	16,40	23,33	2,246	—
					—	—	—	—	—	9,50	151,1	210,2	—	2,218
2,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	—	9,50	18,83	24,68	2,254	—
					—	—	—	—	—	10	61,3	147,5	—	2,285
8,0	0,9	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	9,20	25,53	2,289	—
					20,50	271,5	352,2	—	1,927	10	128,8	182,6	—	2,243
6,0	5,0	2,0	1,0	0,2	20,50	34,13	41,63	1,929	—	10	16,25	22,53	2,254	—
					—	—	—	—	—	9,50	108,7	149,0	—	2,237
2,0	2,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	—	9,50	12,20	15,48	2,239	—
					16,50	332,9	418,3	—	2,039	9,25	210,2	308,3	—	2,265
8,0	0,5	0,0	—	—	16,50	34,38	42,75	2,042	—	9,25	26,73	33,35	2,268	—
					18	234,2	305,8	—	2,177	9,50	110,5	159,4	—	2,237
6,0	4,0	1,0	0,3	0,0	18	29,60	36,73	2,183	—	9,50	13,10	18,35	2,239	—
					17,50	323,7	402,1	—	2,180	9,75	143,1	196,9	—	2,237
4,0	2,0	0,6	0,0	—	17,50	32,63	37,73	2,183	—	9,75	14,03	19,88	2,239	—

*) Derselbe Mörtel, mit Süßwasser angemacht und in Seewasser erhärtet, ergab für 7 Tage: 13,25, für 28 Tage: 20,05 kg pro qcm Zug.
und „ Seewasser „ „ „ „ „ „ „ 7 „ 12,50, „ 28 „ 17,65 „ „ „ „

Digitized by Google

Cement-Untersuchungen aus

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes pro Liter eingerüttelt kg	Gewicht des reinen Cementes pro Liter eingelaufen kg	Wasser im reinen Cement für syrupartige Konsistenz pCt.	Wasser im reinen Cement beim Abbinden auf Glas pCt.	Abbindezeit Std.	Temperaturerhöhung C°	Beim Probenmachen war die Temperatur der Luft C°	Beim Probenmachen war die Temperatur des Anmachewassers C°	Feuchtigkeit der Luft pCt.
								Cemente aus dem		
1	Journ. Nr. 5980	1,971	1,360	31	26,1	8 Min. 10 Min.	6,1	19,1	15,8	70
2	Portland-Cement aus der Fabrik der Herren Teitge & Stockmeyer zu Brackwede i./W. Antr. Heinr. Storp in Cöln a./Rh.	1,925	1,357	31	25,8	35 Min. 1 St. 50 Min.	2,0	18,6	16,0	70
3	Cement ohne Ursprungsangabe Antr. Jul. Diß in Düsseldorf	1,884	1,333	36	29	3/4 2 3/4	4,0	18,2	15,8	69
4	Journ. Nr. 6004	1,692	1,138	38	30,9	15 Min. 3/4	4,1	18,1	15,4	70
5	„Portland-Cement" aus der Portland-Cement-Fabrik C. H. Böcking & Dietzsch zu Malstatt bei Saarbrücken	1,837	1,287	31	25,9	2 1/4 2 3/4	3,4	18,1	15,8	69
6	Jonrn Nr. 6006	1,686	1,109	34	28,5	3 3/4 6 1/2	1,2	18,5	15,8	69
7	Cement der Hannoverschen Portland-Cement-Fabrik, Aktien-Gesellschaft zu Hannover (vorm. Kuhlemann & Meyerstein). Antr. Kgl. Fortifikation in Cöln	1,809	1,237	35	29,2	8 Min. 15 Min.	7,8	18,6	15,8	70
8	Portland-Cement des Portland-Cement-Werks „Heidelberg" vorm. Schifferdecker & Söhne in Heidelberg	1,805	1,204	33	25,3	8 St. 50 Min. 6	1,0	18,1	15,3	69
9	Cement aus der Fabrik von Dyckerhoff & Söhne zu Amöneburg b. Biebrich a./Rh. Antr. Kgl. Fortifikation zu Cöln	1,956	1,372	31	24,3	2 1/2 4	1,6	18,1	15,4	69
10	Hannover'sche Portland-Cement-Fabrik, Aktien-Gesellschaft (vorm. Kuhlemann & Meyerstein) zu Hannover	1,806	1,210	33	27,5	2 Min. 8 Min.	7,0	18,3	15,8	69
11		1,741	1,164	34	28,1	4 7	2,4	18,5	15,8	69
12	„Cement". Antr. Bauinspektor Scharenberg in Leipzig	1,894	0,910	47	39	4 18	1,1	18,1	15,8	70
13	„Puzzolan-Cement" der Gewerkschaft Carl Otto in Cöln	1,395	0,974	44	35,2	8 Min. 7 Min.	9,4	18,2	15,3	70
14	„Cement" von der Schlesischen Aktien-Gesellschaft für Portland-Cement-Fabrikation zu Groschowitz. Antr. Kgl. Fortifikation der Feste Boyen bei Lötzen	1,876	1,268	33	27,5	4 1/2 8	2,7	18,1	15,2	70
15	„Cement" von der Schlesischen Aktien-Ges. für Portland-Cement-Fabrikation zu Groschowitz. Antr. Kgl. Fortifikation der Feste Boyen bei Lötzen	1,881	1,270	33	27,5	4 1/2 8	2,7	18,3	15,1	70
16	„Cement". Ursprungsangabe nicht gestattet	1,729	1,279	33	25,9	20 Min. 3/4	4,2	18,1	15,5	69
17	„Portland-Cement" von Brunckhorst & Krogmann in Buxtehude	1,768	1,250	34	27,2	4 3/4 8 1/4	0,6	18,2	15,2	70
18	„Cement" von der Mannheimer Portland-Cement-Fabrik in Mannheim. Antr. Kaiserliche Fortifikation in Diedenhofen	1,955	1,360	30	24	15 Min. 1	2,1	18,2	15,3	70
19	„Cement". Ursprungsangabe nicht gestattet	1,772	1,225	33	26,8	1 1/4 2 3/4	2,8	20,8	17,4	68

Die obere Zahl in Spalte 7 bedeutet den Erhärtungsanfang.
Die fett gedruckten Zahlen sind Angaben für Druckversuche mit Würfeln von 50 qcm Seitenfläche und entsprechen den darunter

Digitized by Google

dem Betriebsjahre 1888/89.

12					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Mahlung auf					Reiner Cement					100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
000	900	600	324	180	Wasser in den Cement-proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben		Wasser in den 1+3 Mörtel-proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben	
Maschen pro qcm Rückstände								Zug $\frac{G_z}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$				Zug $\frac{G_z}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$
Ct.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	7 Tage	28 Tage			pCt.	7 Tage	28 Tage		
Betriebsjahre 1888/89.														
					—	—	—	—	—	9,25	117,3	168,8	—	2,220
24,0	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	9,25	12,80	18,20	2,225	—
30,0	4,0	1,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30,0	2,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	—	9,75	6,60	12,25	2,225	—
					—	—	—	—	—	9,25	121,3	169,5	—	2,279
6,0	0,2	0,0	—	—	20	26,58	30,58	2,141	—	9,25	16,45	22,90	2,282	—
					—	—	—	—	—	9	137,1	187,3	—	2,234
8,0	0,7	0,0	—	—	—	—	—	—	—	9	17,78	22,83	2,239	—
					18,50	552,6	624,4		2,152	9,50	331,6	425,6	—	2,251
4,0	0,8	0,3	0,0	—	18,50	59,85	68,38	2,155	—	9,50	31,43	36,00	2,254	—
					18	244,2	342,4		2,138	9,50	109,5	178,2	—	2,259
16,0	2,0	0,5	0,0	—	18	28,15	37,85	2,141	—	9,50	14,98	18,60	2,261	—
					—	—	—	—	—	8,50	—	176,5	—	2,220
16,0	2,0	1,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	8,50	14,00	20,78	2,225	—
					17	396,8	435,0		2,197	9	156,6	205,3	—	2,248
36,0	2,0	0,2	0,0	—	17	50,93	53,85	2,204	—	9	17,48	23,15	2,254	—
					—	—	—	—	—	9,50	—	221,2	—	2,251
8,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	—	9,50	—	25,05	2,254	—
					—	—	—	—	—	9,50	—	268,0	—	2,262
5,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	—	—	9,50	—	26,58	2,268	—
10,0	1,0	0,4	0,0	—	—	—	—	—	—	10	12,93	21,70	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	104,1	155,6	—	2,237
2,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	16,40	22,00	2,239	—
					—	—	—	—	—	9	147,8	211,9	—	2,223
8,0	2,0	0,8	0,0	—	—	—	—	—	—	9	18,40	24,43	2,225	—
					—	—	—	—	—	9	151,0	210,5	—	2,223
8,0	2,0	0,8	0,1	0,0	—	—	—	—	—	9	17,93	22,55	2,225	—
0,0	1,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	9	16,78	22,38	2,261	—
2,0	2,0	0,0	—	—	—	—	—	—	—	9	13,53	19,55	2,225	—
					16,50	309,1	355,8	—	2,175	9	139,9	195,9	—	2,220
6,0	3,0	1,0	0,2	0,0	16,50	39,53	43,85	2,176	—	9	16,63	20,15	2,225	—
					16,50	311,4	374,4	—	2,166	9	95,9	139,5	—	2,220
6,0	7,0	4,0	2,0	0,0	16,50	37,23	41,65	2,169	—	9	11,63	17,33	2,225	—

stehenden Werthen für Zugproben.

Digitized by Google

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt pro kg	Gewicht des reinen Cementes eingelaufen pro Liter kg	Wasser im reinen Cement für syrupartige Konsistenz pCt.	Wasser im reinen Cement beim Abbinden auf Glas pCt.	Abbindezeit Std.	Temperaturerhöhung C°	Beim Probenmachen war die Temperatur der Luft C°	Beim Probenmachen war die Temperatur des Anmachewassers C°	Feuchtigkeit der Luft pCt.
20	Mittelbindender „Cement" des Bonner Bergwerks- und Hütten-Vereins zu Oberkassel bei Bonn	1,885	1,292	33	27,1	8 Min. 15 Min.	10	20,7	15,3	69
21	„Cement". Ursprungsangabe nicht gestattet	1,695	1,187	35	29,2	4 6	1,2	20,1	15,9	70
22	Desgl.	1,774	1,303	32	25,6	5 Min. 10 Min.	2,8	20,8	16,0	70
23	Cement ohne Ursprungsangabe. Antr. Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Gesellschaft in Hamburg	1,784	1,241	34	27,8	30 Min. 1 1/3	6,3	20,8	16,4	70
24	„Puzzolan-Cement". Ursprungsangabe nicht gestattet	1,479	0,988	46	33,5	1 1/10 2 1/2	1,1	20,9	15,3	69
25	„Portland-Cement" von Banse in Bernburg. Antr. Kgl. Eisenbahn-Betriebsamt zu Magdeburg	1,828	1,249	34	26,7	2 5	2,2	21,2	16,8	69
26	„Nienburger-Cement". Antr. dasselbe	1,615	1,095	37	28,6	5 7 1/2	1,6	21,4	16,8	69
27	„Stern-Cement". Antr. dasselbe	1,860	1,295	33	26,4	22 Min. 3/4	3,7	21,0	16,9	70
28	„Braunschweiger Puzzolan-Cement". Antr. dasselbe	1,471	1,017	46	35,5	2 1/4 3 1/2	1,1	20,8	16,7	70
29	Cement von der Mannheimer Portland-Cement-Fabrik. Antr. Kaiserliche Fortifikation in Diedenhofen	1,930	1,342	33	26,4	25 Min. 1 1/4	4,0	18,1	16,2	69
30	Journ. Nr. 6404	1,913	1,372	30	28,1	8 5 1/4	1,2	19,4	15,6	69
31	„Cement". Ursprungsangabe nicht gestattet	1,652	1,137	41	32,2	15 Min. 30 Min.	7,1	18,2	16,3	70
32	Journ. Nr. 6406	1,985	1,366	37	29,1	20 Min. 1 1/2	6,5	18,3	16,2	70
33	„Portland-Cement" der Hannoverschen Portland-Cement-Fabrik. A.-G. Misburg bei Hannover	1,793	1,204	34	27,8	1 2 1/4	3,0	18,2	15,6	70
34	Journ. Nr. 6414	1,903	1,357	32	26,7	2 1/2 4 3/4	3,4	18,2	15,4	69
35	Journ. Nr. 6415	1,772	1,276	36	28,1	20 Min. 1	6,2	18,1	15,2	70
36	„Portland-Cement" der Portland-Cement-Fabrik, Fr. Sieger & Co. zu Budenheim bei Mainz	1,982	1,380	32	26,1	2 4	1,6	18,4	15,6	70
37	„Cement". Ursprungsangabe nicht gestattet	1,757	1,220	34	28,3	3 1/4 9 3/4	1,5	18,3	15,4	70
38	„Cement" ohne Ursprungsangabe. Antr. Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Gesellschaft zu Hamburg	1,767	1,240	33	27,3	6 9 1/4	0,4	18,8	15,5	69
39	Desgl.	1,981	1,339	30	26,2	30 Min. 3 1/2	3,5	18,6	15,5	69
40	Desgl.	1,925	1,300	30	24,8	2 1/4 5	4,0	18,3	15,3	69
41	Desgl.	1,804	1,252	33	26,6	4 7	2,5	18,5	15,2	69

Die obere Zahl in Spalte 7 bedeutet den Erhärtungsanfang.

Digitized by Google

12					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Mahlung auf					Reiner Cement					100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
000	900	600	324	180										
Maschen pro qcm Rückstände					Wasser in den Cement-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben		Wasser in den 1+3 Mörtel-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben	
								Zug	Druck				Zug	Druck
Ct.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	7 Tage	28 Tage	$\frac{G_z}{V}=\gamma$	$\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$	pCt.	7 Tage	28 Tage	$\frac{G_z}{V}=\gamma$	$\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$
					—	—	—	—	—	9,25	133,1	182,5	—	2,251
6,0	1,0	0,4	0,0	—	—	—	—	—	—	9,25	14,90	19,90	2,254	—
					—	—	—	—	—	9,50	142,1	206,6	—	2,256
4,0	1,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	9,50	14,93	24,53	2,261	—
					—	—	—	—	—	9	133,5	187,5	—	2,251
4,0	2,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	—	9	15,60	20,43	2,254	—
					—	—	—	—	—	9,50	85,7	128,2	—	2,251
0,0	6,0	2,0	0,7	0,0	—	—	—	—	—	9,50	11,45	18,00	2,254	—
					—	—	—	—	—	9,75	75,8	145,9	—	2,256
6,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	—	9,75	10,05	28,38	2,261	—
					—	—	—	—	—	9,50	86,4	121,8	—	2,220
0,0	4,0	2,0	0,7	0,0	—	—	—	—	—	9,50	11,08	17,63	2,225	—
					—	—	—	—	—	9,50	44,2	62,1	—	2,237
2,0	6,0	3,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	9,50	4,75	9,50	2,239	—
					—	—	—	—	—	9,50	147,7	234,4	—	2,265
6,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	—	—	9,50	15,43	22,60	2,268	—
					—	—	—	—	—	10	196,7	283,6	—	2,246
4,0	2,0	0,7	0,0	—	—	—	—	—	—	10	24,80	29,10	2,248	—
					17	237,8	294,3	—	2,155	9,50	113,9	154,3	—	2,223
4,0	3,0	0,5	0,0	—	17	33,70	36,30	2,155	—	9,50	12,35	17,68	2,225	—
					—	—	—	—	—	9,50	115,6	153,8	—	2,223
8,0	2,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	9,50	15,20	18,70	2,225	—
					—	—	—	—	—	10	41,4	58,5	—	2,259
4,0	2,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	—	10	4,63	10,83	2,261	—
					—	—	—	—	—	10,50	34,3	83,3	—	2,206
4,0	7,0	2,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	10,50	3,83	9,35	2,211	—
					—	—	—	—	—	10	—	200,2	—	2,279
6,0	0,4	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	—	30,75	2,289	—
					16,75	285,4	421,1	—	2,208	9,75	144,7	225,1	—	2,237
4,0	1,0	0,3	0,0	—	16,75	39,70	50,53	2,211	—	9,75	16,60	23,28	2,239	—
6,0	4,0	1,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	9,75	16,00	21,08	2,239	—
					—	—	—	—	—	9,75	—	144,6	—	2,234
6,0	3,0	1,0	0,2	0,0	16,50	34,70	41,40	2,225	—	9,75	—	16,18	2,239	—
					—	—	—	—	—	9,50	54,4	94,6	—	2,228
6,0	2,0	0,4	0,0	—	—	—	—	—	—	9,50	5,78	11,58	2,232	—
					—	—	—	—	—	9,50	100,4	146,4	—	2,192
6,0	11,0	5,0	2,0	0,3	—	—	—	—	—	9,50	12,35	16,48	2,197	—
					—	—	—	—	—	9,50	88,4	128,1	—	2,206
4,0	12,0	5,0	2,0	0,4	—	—	—	—	—	9,50	11,25	15,50	2,211	—
					—	—	—	—	—	10	125,5	179,3	—	2,223
2,0	13,0	3,0	1,0	0,1	—	—	—	—	—	10	13,60	18,50	2,225	—
					—	—	—	—	—	10	164,9	228,7	—	2,208
0,0	5,0	1,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	10	20,45	26,93	2,211	—

Digitized by Google

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt pro kg	Gewicht des reinen Cementes eingelaufen pro Liter kg	Wasser im reinen Cement für syrupartige Konsistenz pCt.	Wasser im reinen Cement beim Abbinden auf Glas pCt.	Abbindezeit Std.	Temperaturerhöhung C°	Beim Probenmachen war die Temperatur der Luft C°	Beim Probenmachen war die Temperatur des Anmachewassers C°	Feuchtigkeit der Luft pCt.
42	„Cement" ohne Ursprungsangabe. Antr. Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Gesellschaft zu Hamburg	1,843	1,361	32	25,9	3 5¼	2,4	18,4	15,2	69
43	Desgl.	1,822	1,360	33	26,4	35 Min. 2½	4,2	18,2	15,3	69
44	Desgl.	1,818	1,302	34	28,3	8 Min. 25 Min.	9,6	18,5	15,4	70
45	Portland-Cement aus der eigenen Fabrik zu Weisenau bei Mainz der Mannheimer Portland-Cement-Fabrik zu Mannheim	1,771	1,271	32	26,2	1 3¾	2,1	18,3	15,6	69
46	Journ.-Nr. 6476	1,920	1,395	33	26,7	18 Min. 40 Min.	6,5	18,3	15,2	70
	Journ.-Nr. 6476	—	—	—	—	—	—	—	—	—
47	Cement ohne Ursprungsangabe. Antr. Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Gesellschaft zu Hamburg	1,855	1,248	33	26,6	2½ 5½	2,3	18,4	15,2	69
48	Portland-Cement aus der Mannheimer Cement-Fabrik in Mannheim. Antr. Kaiserliche Fortifikation in Metz	1,892	1,295	33	26,8	3¾ 5¼	2,4	18,5	15,4	70
49	Cement des Portland-Cement-Werkes Heidelberg, vorm. Schifferdecker & Söhne, Heidelberg	1,752	1,192	34	27,7	3½ 6	0,0	19,2	15,4	70
50[1])	„Cement". Ursprungsangabe nicht gestattet	1,979	1,397	32	25,8	5¼ 9	1,3	18,3	15,2	70
51	Cement der Hannoverschen Portland-Cement-Fabrik, Aktien-Gesellschaft (vorm. Kuhlemann & Meyerstein) in Hannover	1,606	1,160	36	29,4	¾ 1¾	4,0	18,4	15,2	70
52	Cement aus der Cement-Fabrik in Thale. Antr. Kgl. Eisenbahn-Betriebs-Amt (Wittenberge-Leipzig) zu Magdeburg	1,367	0,842	57	46	5 11	0,5	18,4	15,3	70
53	„Cement". Ursprungsangabe nicht gestattet	1,769	1,270	35	29,1	4¾ 7	1,2	18,6	15,3	69
54	Journ.-Nr. 6505	1,858	1,302	33	27,5	5 Min. ½	7,8	18,2	15,0	69
55	Cement der Firma Guthmann & Jeserich. Antr. Kgl. Eisenbahn-Betriebs-Amt Stadt- und Ringbahn Berlin	1,994	1,352	31	25	2 5	1,1	18,1	15,2	69
56	Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,684	1,202	34	28,6	4½ 8½	0,8	18,2	15,1	69
57	Vorwohler Portland-Cement. Antr. Abtheilungs-Baumeister Kiel in Cöln a/Rh.	1,799	1,293	35	29,8	¾ 2	2,5	18,6	15,4	70
58	„Puzzolan-Cement". Ursprungsangabe nicht gestattet	1,415	0,932	46	36,1	1¼ 4½	1,1	19,8	15,4	68
59	Journ.-Nr. 6606	1,695	1,157	38	31	4¾ 8¼	1,0	18,2	15,4	69
60	Cement der Cement-Fabrik Westfalia in Beckum. Antr. Kgl. Fortifikation in Coblenz	1,777	1,265	34	27,2	6¼ 9¼	1,2	18,4	15,2	70

Die obere Zahl in Spalte 7 bedeutet den Erhärtungs-Anfang.
[1]) Volumenbeständigkeit bei Nr. 50 nicht vorhanden.
Die sowohl für reinen Cement als auch in 1:3 angegebenen Zahlen stellen Zug- resp. Druckfestigkeit für Luftproben nach 7 un

Digitized by Google

12					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Mahlung auf					Reiner Cement					100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
900	900	600	324	180										
Maschen pro qcm Rückstände					Wasser in den Cement-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben		Wasser in den 1+3 Mörtel-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben	
								Zug	Druck				Zug	Druck
Ct.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	7 Tage	28 Tage	$\frac{G_z}{V}=\gamma$	$\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$	pCt.	7 Tage	28 Tage	$\frac{G_z}{V}=\gamma$	$\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$
					—	—	—	—	—	9,75	107,7	161,0	—	2,192
2,0	9,0	4,0	1,0	0,2	—	—	—	—	—	9,75	12,35	16,93	2,197	—
					—	—	—	—	—	9,75	90,7	137,6	—	2,206
6,0	9,0	3,0	0,4	0,0	—	—	—	—	—	9,75	11,60	17,23	2,211	—
					—	—	—	—	—	9,75	130,4	190,3	—	2,254
6,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	—	9,75	12,38	17,03	2,254	—
					—	—	—	—	—	9,75	109,9	183,2	—	2,231
8,0	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	9,75	11,45	16,75	2,239	—
					17,50	353,4	444,8	—	2,220	9,50	108,1	165,9	—	2,251
0,0	3,0	1,0	0,3	0,0	17,50	35,38	43,35	2,225	—	9,50	12,25	18,38	2,254	—
					17,50	330,1 [2]	389,6 [2]	—	2,220	9,50	106,3 [2]	168,0 [2]	—	2,251
—	—	—	—	—	17,50	32,35 [2]	37,70 [2]	2,225	—	9,50	12,03 [2]	18,75 [2]	2,254	—
					—	—	—	—	—	9,50	133,8	195,1	—	2,220
8,0	7,0	2,0	0,6	0,0	—	—	—	—	—	9,50	14,43	17,48	2,225	—
					17,50	271,0	352,9	—	2,177	9,75	142,7	198,3	—	2,245
8,0	2,0	0,3	0,0	—	17,50	36,95	44,63	2,183	—	9,75	15,83	19,85	2,246	—
0,0	4,0	1,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	10	13,13	19,23	2,239	—
					16,50	243,3	359,5	—	2,180	9,50	78,6	141,2	—	2,237
8,0	1,0	0,1	0,0	—	16,50	31,03	40,60	2,183	—	9,50	10,08	15,10	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	—	277,0	—	2,273
4,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	—	27,48	2,275	—
					—	—	—	—	—	10,50	108,1	153,3	—	2,206
0,0	0,4	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10,50	13,28	20,03	2,211	—
					—	—	—	—	—	9,75	124,7	189,9	—	2,237
4,0	2,0	0,4	0,0	—	—	—	—	—	—	9,75	15,95	18,25	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	87,2	147,3	—	2,220
0,0	4,0	1,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	10	9,13	14,58	2,225	—
					—	—	—	—	—	9,50	143,0	216,4	—	2,248
2,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	—	9,50	16,30	21,50	2,254	—
					—	—	—	—	—	10	157,7	217,2	—	2,223
4,0	4,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	—	10	16,58	22,58	2,225	—
					—	—	—	—	—	10	94,0	149,8	—	2,217
8,0	0,8	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	10	11,13	16,43	2,218	—
					—	—	—	—	—	10	172,3	221,1	—	2,268
8,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,0	0,7	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10,75	14,50	21,20	2,268	—
					—	—	—	—	—	10	—	160,3	—	2,206
6,0	6,0	1,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	10	—	18,35	2,211	—

Tagen dar.

Digitized by Google

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes		Wasser im reinen Cement		Abbindezeit	Temperaturerhöhung	Beim Probenmachen war die		
		eingerüttelt pro Liter kg	eingelaufen kg	für syrupartige Konsistenz pCt.	beim Abbinden auf Glas pCt.	Std.	Co	Temperatur der Luft Co	Temperatur des Anmachewassers Co	Feuchtigkeit der Luft pCt.
61	Puzzolan-Cement von der Fabrik „Eisenwerk-Gesellschaft Maximilianshütte zu Unterwellenborn". Antr. Magistrat zu Hirschberg i/Schl.	1,349	0.905	49	38	1 3¾	1,5	18,2	15,1	70
62	Portland-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,790	1,255	34	27,8	3¾ 7	0,6	18,4	15,4	70
63	Desgl.	1,869	1,266	33	27,5	1¾ 5	1,0	18,1	15,3	70
64	Journ.-Nr. 6730	1,843	1,240	31	25,4	8 Min. 25 Min.	6,5	18,2	15,4	69
65	Cement aus der Fabrik der Schlesischen Aktien-Gesellschaft für Portland-Cement-Fabrikation zu Groschowitz. Antr. Kgl. Fortifikation der Feste Boyen	1,813	1,257	34	28,3	1¼ 4½	0,4	18,2	15,1	69
66	Desgl.	1,837	1,247	33	26,2	30 Min. 1½	1,6	18,2	15,1	69
67[1])	Journ.-Nr. 6793	1,905	1,273	32	25,6	2½ 3¾	1,4	18,3	15,2	69
68	Portland-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,837	1,301	31	23,2	1 2¼	2,0	18,3	15,3	69
69[1])	Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,801	1,228	35	26,9	4¼ 7	0,3	18,4	15,2	69
70	„Cement" ohne Ursprungsangabe. Antr. Hamburger Freihafen-Lagerhaus-Gesellschaft zu Hamburg	1,805	1,202	33	23,3	10 Min. ¾	2,0	18,2	15,3	70
71	Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,682	1,196	36	29,4	3 4	2,3	18,3	15,1	69
72[1])	Desgl.	1,870	1,337	31	23,4	2½ 5	0,5	18,6	15,4	70
73	Cement der Alsenschen Portland-Cement-Fabriken zu Hamburg. Marke Itzehoe	1,844	1,310	33	27,5	3⅓ 6¼	3,1	18,4	15,3	70
74	Journ.-Nr. 6818	1,675	1,198	38	29,3	30 Min. 4	2,5	18,3	15,2	69
75	Cement aus der Wildauer Portland-Cement-Fabrik, A. Bernoully in Wildau bei Eberswalde	1,925	1,252	35	28,0	5 Min. 1	8,0	18,2	14,8	69
76	Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	2,037	1,463	32	24,3	4⅙ 7	1,8	18,5	14,6	70
77	Cement ohne Ursprungsangabe. Kgl. Eisenbahn-Betriebs-Amt Berlin-Lehrte zu Berlin	1,769	1,245	36	29,8	1 4	3,5	18,2	15,1	69
78	Journ.-Nr. 6850	1,886	1,280	35	28,0	5 Min. ¾	7,5	18,3	15,1	69
79	Puzzolan-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,655	1,081	39	31,2	5½ 16	0,5	18,3	15,2	70
80	Portland-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	2,039	1,385	31	24,3	4 6	1,0	18,4	14,8	70
81	Puzzolan-Cement aus der Fabrik „Victoria" zu Thale a/H. Antr. Kgl. Eisenbahn-Betriebs-Amt (Wittenberge-Leipzig) zu Magdeburg	1,514	1,007	50	37	1¼ 16	1,8	18,2	14,9	70

Die obere Zahl in Spalte 7 bedeutet den Erhärtungsanfang.

[1]) Volumenbeständigkeit bei Nr. 67, 69 und 72 nicht vorhanden.

[2]) Giebt Zug- resp. Druckstetigkeit einer Mischung in 1:4 mit Berliner Mauersand an.

Digitized by Google

12					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Mahlung auf					Reiner Cement					100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
5000	900	600	324	180										
Maschen pro qcm Rückstände					Wasser in den Cement-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben		Wasser in den 1+3 Mörtel-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben	
								Zug $\frac{G_z}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$				Zug $\frac{G_z}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$
pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	7 Tage	28 Tage			pCt.	7 Tage	28 Tage		
					—	—	—	—	—	10,25	74,8	143,5	—	2,276
8,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10,25	7,75	21,85	2,282	—
					—	—	—	—	—	10	62,9	89,8	—	2,208
24,0	4,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	—	10	6,68	10,23	2,211	—
					—	—	—	—	—	9,50	78,9	105,2	—	2,237
18,0	2,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	9,50	9,00	13,03	2,239	—
					—	—	—	—	—	9,50	—	189,4	—	2,206
28,0	8,0	3,0	0,8	0,0	—	—	—	—	—	9,50	—	18,18	2,211	—
					—	—	—	—	—	9,75	148,7	221,5	—	2,228
22,0	3,0	1,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
					—	—	—	—	—	10	124,0	176,6	—	2,231
22,0	3,0	0,7	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20,0	4,0	1,0	0,1	—	17	23,45	26,13	2,183	—	10	7,18	11,10	2,254	—
					16	420,5	467,9	—	2,197	10	109,8	161,4	—	2,220
26,0	3,0	1,0	0,2	0,0	16	39,20	51,80	2,197	—	10	12,88	16,85	2,225	—
16,0	1,1	0,3	0,0	—	—	—	—	—	—	10	9,70	—	2,268	—
					—	—	—	—	—	10	124,8	194,4	—	2,248
20,0	2,0	1,0	0,1	—	—	—	—	—	—	10	13,53	19,80	2,254	—
					—	—	—	—	—	10	76,6	101,4	—	2,234
14,0	2,0	0,6	0,1	0,0	—	—	—	—	—	10	7,58	10,28	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	90,0	145,4	—	2,220
30,0	6,0	2,0	0,7	0,0	—	—	—	—	—	10	10,08	13,63	2,225	—
26,0	5,0	2,0	0,4	0,0	17,50	50,58	55,18	2,211	—	10	18,68	23,78	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	103,9	153,1	—	2,225
26,0	5,0	1,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
					18,50	281,5	387,7	—	2,163	10	136,6	218,0	—	2,268
6,0	0,0	—	—	—	18,50	34,73	38,93	2,169	—	10	12,88	20,08	2,268	—
					—	—	—	—	—	10	—	114,1	—	2,208
32,0	4,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	—	10	10,70	14,03	2,211	—
					19	243,0	318,0	—	2,118	10	97,2	139,6	—	2,245
18,0	1,0	0,1	0,0	—	19	29,10	35,18	2,120	—	10	11,98	15,83	2,246	—
					18,50	225,0	283,1	—	2,166	10	112,3	151,7	—	2,251
14,0	0,7	0,1	0,0	—	18,50	27,15	31,95	2,169	—	10	11,40	16,23	2,254	—
					—	—	—	—	—	10	79,6	111,0	—	2,237
20,0	0,8	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	10	11,93	16,18	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	128,1	179,2	—	2,248
26,0	3,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	10	12,75	16,60	2,254	—
					—	—	—	—	—	11	53,3 [2])	77,2 [2])	—	2,152
18,0	2,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	11	6,70 [2])	9,43 [2])	2,155	—

Digitized by Google

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt pro kg	Gewicht des reinen Cementes eingelaufen Liter kg	Wasser im reinen Cement für syrupartige Konsistenz pCt.	Wasser im reinen Cement beim Abbinden auf Glas pCt.	Abbindezeit Std.	Temperaturerhöhung Co	Beim Probenmachen war die Temperatur der Luft Co	Beim Probenmachen war die Temperatur des Anmachewassers Co	
82	Cement aus der Stettin-Gristower Portland-Cement-Fabrik zu Cammin in Pommern, Eugen Kanter & Co. in Berlin	1,828	1,183	47	37,6	8 Min. $2^1/_2$	9,1	18,3	15,2	69
83	Portland-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,771	1,190	36	30	4 6	0,0	18,1	15,0	70
84	„Cement" ohne Ursprungsangabe. Antr. Kgl. Eisenbahn-Bauinspektor Roßkothen zu Düsseldorf	1,912	1,343	34	27,2	30 Min. 10	5,4	18,3	15,0	70
85	„Cement" ohne Ursprungsangabe. Antr. Arwed Roßbach, Architekt in Leipzig	1,395	0,905	57	45,6	$3^1/_3$ 26	1,6	18,4	15,1	68
86	Journ.-Nr. 6865	1,873	1,346	32	26,3	$^3/_4$ $2^1/_2$	2,2	18,3	15,1	69
87[1]	Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,880	1,295	34	27,9	$4^1/_4$ $7^1/_4$	2,5	18,3	14,9	69
88	Cement der Portland-Cement-Fabrik C. H. Böcking & Dietzsch zu Malstatt bei Saarbrücken	1,991	1,367	33	25,5	2 4	2,0	19,8	16,3	70
89	Cement der Alsenschen Portland-Cement-Fabriken zu Hamburg. Marke Itzehoe	1,844	1,310	33	27,5	$3^1/_3$ $6^1/_4$	3,1	18,2	15,1	70
90	Puzzolan-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,628	1,082	40	31,4	9 26	0,6	18,1	15,6	69
91	Desgl.	1,471	0,972	46	35,8	2 9	2,0	18,3	15,5	69
92	Portland-Cement der Portland-Cement-Fabrik, Aktien-Gesellschaft zu Pahlhude. Antr. Kgl. Fortifikation in Friedrichsort	1,879	1,295	32	26	$3^1/_2$ $6^1/_2$	1,2	18,2	15,1	70
93	Portland-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet. Antr. Kgl. Fortifikation in Thorn	1,957	1,320	30	23,6	$2^1/_3$ $5^1/_3$	0,8	18,6	15,1	69
94	Portland-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,958	1,273	35	29,5	4 Min. 10 Min.	7,6	19,3	15,3	70
95	Desgl.	2,023	1,346	33	26,7	$4^1/_6$ $6^1/_6$	1,0	19,6	15,4	69
	Desgl.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Desgl.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Desgl.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
96	„Cement". Antr. Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft zu Berlin	2,026	1,375	32	26,7	$^3/_4$ $1^3/_4$	1,5	19,4	15,3	69
97	Schlacken-Cement der Herren Gebrüder Erhardt und Lingenbrink zu Neunkirchen bei Trier	1,359	0,910	54	42,4	10 21	0,5	19,4	16,3	70
98	„Cement". Ursprungsangabe nicht gestattet	1,712	1,175	47	38,0	5 Min. $2^1/_{12}$	10,0	19,6	15,3	69
99	Journ.-Nr. 6996	1,791	1,210	38	31,5	5 9	0,8	19,3	15,3	69

Die obere Zahl in Spalte 7 bedeutet den Erhärtungsanfang.

[1]) Volumenbeständigkeit bei Nr. 87 nicht vorhanden.

[2]) Spalte 19 und 20 stellt Zug- resp. Druckfestigkeit für Wasserproben in 1 + 6 nach 7 und 28 Tagen dar.

[3]) Spalte 19 und 20 stellt Zug- resp. Druckfestigkeit für Luftproben in 1 + 6 nach 7 und 28 Tagen dar.

Digitized by Google

12					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Mahlung auf					Reiner Cement					100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
00	900	600	324	180										
Maschen pro qcm Rückstände					Wasser in den Cement-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben		Wasser in den 1 + 3 Mörtel-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben	
								Zug	Druck				Zug	Druck
it.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	7 Tage	28 Tage	$\frac{G_z}{V} = \gamma$	$\frac{G_d}{V^1} = \gamma_1$	pCt.	7 Tage	28 Tage	$\frac{G_z}{V} = \gamma$	$\frac{G_d}{V^1} = \gamma_1$
					—	—	—	—	—	11	160,5	233,7	—	2,279
3,0	0,3	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	11	20,65	24,10	2,282	—
					—	—	—	—	—	10	—	102,7	—	2,248
5,0	0,4	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	—	13,00	2,254	—
2,0	6,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	—	10	6,85	10,83	2,225	—
					27	119,3	231,1	—	1,859	10	80,6	156,6	—	2,251
0,0	0,3	0,0	—	—	27	15,98	24,10	1,859	—	10	10,45	17,10	2,254	—
					—	—	—	—	—	10	120,2	163,2	—	2,245
4,0	3,0	0,7	0,0	—	—	—	—	—	—	10	13,20	15,78	2,246	—
					—	—	—	—	—	10	—	84,8	—	2,237
4,0	1,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	10	—	8,75	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	103,7	156,1	—	2,234
0,0	2,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	10	11,50	15,58	2,239	—
3,0	5,0	2,0	0,4	0,0	18	50,57	56,65	2,211	—	10	18,40	23,60	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	106,3	151,9	—	2,251
2,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	14,28	20,50	2,254	—
					—	—	—	—	—	10	119,4	—	—	2,245
4,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	13,60	—	2,246	—
					—	—	—	—	—	10	—	191,7	—	2,225
3,0	2,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	10	—	19,65	2,232	—
					—	—	—	—	—	10	92,3	147,5	—	2,251
2,0	6,0	2,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	10	11,10	13,33	2,254	—
					18,50	411,9	485,7	—	2,177	10	177,4	240,7	—	2,270
4,0	0,2	0,0	—	—	18,50	36,63	47,65	2,183	—	10	16,38	22,33	2,268	—
					17,50	301,5	401,3	—	2,217	10	123,1	188,4	—	2,248
5,0	1,5	0,2	0,0	—	17,50	31,95	43,75	2,225	—	10	13,05	18,60	2,254	—
					—	—	—	—	—	8,50	54,5 [2])	70,7 [2])	—	2,023
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,50	7,53[2])	10,28[2])	2,028	—
					17,50	318,0	401,6	—	2,217	10	131,6	188,8	—	2,248
—	—	—	—	—	17,50	29,05	39,88	2,225	—	10	15,40	20,40	2,254	—
					—	—	—	—	—	8,50	67,2 [3])	89,2 [3])	—	2,023
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,50	8,25[3])	9,90[3])	2,028	—
					—	—	—	—	—	10	118,5	170,4	—	2,239
4,0	2,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	10	13,58	18,95	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	170,7	251,3	—	2,248
5,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	19,65	27,50	2,254	—
					—	—	—	—	—	10	—	194,6	—	2,265
5,0	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	19,53	2,268	—
5,0	6,0	2,0	0,0	—	—	—	—	—	—	10	11,95	17,20	2,225	—

Digitized by Google

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt pro kg	Gewicht des reinen Cementes eingelaufen pro Liter kg	Wasser im reinen Cement für syrupartige Konsistenz pCt.	Wasser im reinen Cement beim Abbinden auf Glas pCt.	Abbindezeit Std.	Temperaturerhöhung C°	Beim Probenmachen war die Temperatur der Luft C°	Beim Probenmachen war die Temperatur des Anmachewassers C°	Feuchtigkeit der Luft pCt.
100	Puzzolan-Cement ohne Ursprungsangabe. Antr. Kgl. Eisenbahn-Bauinspektion C. L. Halle a/S.	1,468	0,919	51	41,1	8 11	2,0	20,5	15,8	69
101	Cement aus der Cement-Fabrik von C. H. Böcking und Dietzsch in Malstatt bei Saarbrücken. Antr. Kgl. Eisenbahn-Direktion (linksrheinische) in Cöln	1,861	1,290	34	27,7	3 1/6 5	1,2	18,6	15,9	70
102	Journ.-Nr. 7017	1,909	1,261	34	27,2	10 Min. 30 Min.	5,5	19,5	16,1	69
103	Puzzolan-Cement der Cement-Fabrik Victoria, Aktien-Gesellschaft in Berlin	1,400	0,913	57	47,1	3 1/2 10 1/4	2,2	18,3	15,8	70
104	Puzzolan-Cement aus der Puzzolan-Cement-Fabrik zu Braunschweig. Antr. Kgl. Eisenbahn-Betriebs-Amt (Wittenberge-Leipzig) zu Magdeburg	1,497	0,968	46	36,1	6 3/4 9 1/2	1,0	18,3	15,1	68
	Desgl.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
105	Schlacken-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,318	0,838	61	47,8	6 1/2 9 1/4	2,0	18,2	15,5	69
106	Portland-Cement aus der Portland-Cement-Fabrik C. H. Böcking & Dietzsch zu Malstatt bei Saarbrücken	1,820	1,300	33	27	15 Min. 2	3,5	18,5	15,3	66
107	Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	2,006	1,379	35	28,6	30 Min. 1 1/2	2,8	18,5	15,2	60
108	Puzzolan-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,746	1,036	41	32,5	6 1/2 18	0,4	19,4	15,2	64
109	Desgl.	1,500	0,909	49	40	6 12	1,2	19,5	15,2	64
110	Desgl.	1,532	0,893	50	41,0	6 1/4 17	2,0	19,2	15,4	63
111	Desgl.	1,681	1,067	39	30,8	4 9 1/2	1,8	19,1	15,0	64
112	Desgl.	1,609	0,982	46	36	3 3/4 5 1/4	2,0	19,2	15,3	64
113	Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,778	1,158	42	34,5	4 3/4 7 3/4	1,8	18,2	15,3	68
114	Cement aus der Mannheimer Portland-Cement-Fabrik zu Mannheim. Antr. Kaiserliche Fortifikation in Metz	2,041	1,384	32	26,4	6 Min. 28 Min.	7,5	18,2	15,4	62
115	Puzzolan-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,535	0,995	46	36,1	3 5 1/4	0,5	19,4	15,3	63
116	Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,910	1,272	34	28,6	1 5	4,5	18,2	15,3	62
	Desgl.	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Die obere Zahl in Spalte 7 bedeutet den Erhärtungsanfang.
[1]) Spalte 19 giebt Zug- resp. Druckfestigkeit nach 14 Tagen an.
[2]) Spalte 20 giebt Zug- resp. Druckfestigkeit nach 21 Tagen an.
[3]) Spalte 19 und 20 stellt Zug- resp. Druckfestigkeit für Proben in 1 + 6 nach 7 und 28 Tagen dar.

Digitized by Google

12					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Mahlung auf					Reiner Cement					100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
900	600	324	180		Wasser in den Cement-proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben		Wasser in den 1+3 Mörtel-proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben	
Maschen pro qcm Rückstände								Zug	Druck				Zug	Druck
pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	7 Tage	28 Tage	$\frac{G_z}{V}=\gamma$	$\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$	pCt.	7 Tage	28 Tage	$\frac{G_z}{V}=\gamma$	$\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$
					23	125,6	211,8	—	1,938	10	64,5	126,9	—	2,262
0,3	0,0	—	—		23	20,15	30,40	1,944	—	10	9,53	18,38	2,268	—
					—	—	—	—	—	10	—	134,2	—	2,231
3,0	0,7	0,0	—		—	—	—	—	—	10	12,08	16,58	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	100,1	140,0	—	2,262
1,0	0,3	0,0	—		—	—	—	—	—	10	9,05	13,48	2,268	—
					—	—	—	—	—	10	101,6	154,1	—	2,234
0,6	0,0	—	—		—	—	—	—	—	10	12,90	18,58	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	143,4	220,4	—	2,268
0,6	0,1	0,0	—		—	—	—	—	—	10	17,08	25,78	2,268	—
					—	—	—	—	—	10	179,3 [1]	208,8 [2]	—	2,268
—	—	—	—		—	—	—	—	—	10	22,05 [1]	24,10 [2]	2,268	—
					—	—	—	—	—	10	129,4	162,4	—	2,248
2,0	1,0	0,0	—		—	—	—	—	—	10	18,90	22,80	2,254	—
					—	—	—	—	—	10	133,9	190,3	—	2,242
2,0	1,0	0,3	—		—	—	—	—	—	10	13,70	17,08	2,246	—
					—	—	—	—	—	10	—	126,0	—	2,234
5,0	1,5	0,3	0,0		—	—	—	—	—	10	—	13,13	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	63,8	97,3	—	2,225
0,8	0,1	0,0	—		—	—	—	—	—	10	10,00	13,80	2,239	—
					—	—	—	—	—	10,50	33,0	119,1	—	2,231
0,1	0,0	—	—		—	—	—	—	—	10,50	5,50	16,40	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	66,7	123,6	—	2,237
0,4	0,1	0,0	—		—	—	—	—	—	10	11,00	17,90	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	23,5	37,7	—	2,034
36,0	23,0	8,0	0,3		—	—	—	—	—	10	4,88	7,58	2,070	—
					—	—	—	—	—	10	126,0	171,9	—	2,234
2,0	1,0	0,3	—		—	—	—	—	—	10	14,62	19,53	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	97,8	144,0	—	2,248
0,0	—	—	—		—	—	—	—	—	10	12,60	19,93	2,254	—
					17,50	264,9	328,8	—	2,177	10	126,6	175,8	—	2,229
2,0	0,9	0,0	—		17,50	29,83	35,03	2,183	—	10	11,73	15,38	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	168,0	209,6	—	2,234
0,8	0,1	0,0	—		—	—	—	—	—	10	18,25	22,85	2,239	—
					18	271,4	328,7	—	2,180	10	123,1	163,1	—	2,234
3,0	1,0	0,3	0,0		18	27,50	32,85	2,183	—	10	11,08	16,43	2,239	—
					—	—	—	—	—	8	33,5 [3]	54,4 [3]	—	1,980
—	—	—	—		—	—	—	—	—	8	5,85 [3]	9,38 [3]	1,986	—

Digitized by Google

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt pro kg	Gewicht des reinen Cementes eingelaufen Liter kg	Wasser im reinen Cement für syrupartige Konsistenz pCt.	Wasser im reinen Cement beim Abbinden auf Glas pCt.	Abbindezeit Std.	Temperaturerhöhung Co	Beim Probenmachen war die Temperatur der Luft Co	Beim Probenmachen war die Temperatur des Anmachewassers Co	Beim Probenmachen war die Feuchtigkeit der Luft pCt.
117	Schlacken-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,579	0,971	49	37,7	3 11	2	18,2	15,1	63
118	Journ.-Nr. 7197	2,013	1,366	33	27	1 Min. 3 Min.	13	18,2	15,1	62
119	Journ.-Nr. 7202	1,553	1,046	48	38	8 Min. 35 Min.	9,0	18,2	15,3	69
120	Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	2,019	1,299	31	23,1	4 1/4 6	2,7	18,3	15,2	69
121	Cement der Schlesischen Portland-Cement-Fabrik Mittelsteine zu Mittelsteine i/Schl.	1,814	1,234	37	30,3	3/4 2	4,0	18,2	15,3	64
122	Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,822	1,273	35	28	5 Min. 1	6,1	18,5	15,2	64
123	Desgl.	1,783	1,244	37	29,6	20 Min. 38 Min.	7,7	18,6	15,3	68
124	Cement der Alsenschen Portland-Cement-Fabriken zu Hamburg. Marke Uetersen	1,754	1,187	34	27	3 3/4 6	2,0	18,2	15,3	64
125	Cement der Vorwohler Portland-Cement-Fabrik Planck & Co. in Holzminden	1,685	1,111	41	34	2 Min. 20 Min.	9,7	18,3	15,2	64
126	Cement des Portland-Cementwerkes Heidelberg, vorm. Schifferdecker & Söhne in Heidelberg,	1,851	1,166	34	26,4	2 Stund. 37 Min. 5	2,9	18,3	15,2	65
127	Puzzolan-Cement der Cement-Fabrik Victoria, Aktien-Gesellschaft in Berlin aus der Fabrik in Thale	1,238	0,753	64	52	1 11	3,0	18,4	15,2	63
		—	—	—	—	—	—	—	—	—
128	Portland-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,979	1,321	30	22,5	4 3/4 6 1/2	1,6	18,2	15,3	64
129	Desgl.	2,008	1,372	31	25,3	4 6	2,0	18,2	15,3	65
		—	—	—	—	—	—	—	—	—
130	Cement der Alsenschen Portland-Cement-Fabriken zu Hamburg aus der Fabrik in Uetersen	1,855	1,235	31	24,5	3 1/2 5 1/2	5,7	18,4	15,2	65
131	Puzzolan-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,270	0,789	62	48	5 1/2 17	1,0	18,6	15,3	65
132	Desgl.	1,320	0,881	51	42	6 3/4 10	0,0	18,3	15,2	63
133	Cement der Portland-Cement-Fabrik der Aktien-Gesellschaft für Rheinisch-Westfälische Industrie in Cöln zu Beckum	1,874	1,227	35	31	1 8	13,4	18,3	15,2	64
134	Cement ohne Ursprungsangabe. Antr. Kgl. Berginspektion zu Staßfurt	1,907	1,246	32	26,7	2 1/6 4 3/4	4,8	18,3	15,2	65
135	Cement ohne Ursprungsangabe. Antr. Portland-Cement-Fabrik der Aktien-Gesellschaft für Rheinisch-Westfälische Industrie zu Cöln in Beckum	1,813	1,197	35	28	40 Min. 2 1/6	5,5	18,5	15,4	64

Die obere Zahl in Spalte 7 bedeutet den Erhärtungsanfang.

[1]) Die sowohl für reinen Cement als auch in 1:3 angegebenen Zahlen sind die Ergebnisse für Proben, welche die ersten 24 Stunden 3. nochmals 20 Stunden in den Frost, 4. vier Stunden zur Aufthauung und die übrige Zeit unter Wasser lamen.

[2]) Spalte 19 und 20 giebt Zugfestigkeit nach 6 Monaten bezw. 1 Jahr an.

Digitized by Google

12					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Mahlung auf					Reiner Cement					100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
5000	900	600	324	180										
Maschen pro qcm Rückstände					Wasser in den Cement-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben		Wasser in den 1+3 Mörtel-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben	
								Zug	Druck				Zug	Druck
pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	7 Tage	28 Tage	$\frac{G_z}{V}=\gamma$	$\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$	pCt.	7 Tage	28 Tage	$\frac{G_z}{V}=\gamma$	$\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$
					—	—	—	—	—	10	124,7	166,4	—	2,248
10,0	1,5	1,0	0,8	0,6	—	—	—	—	—	10	13,13	20,48	2,254	—
					19,50	288,6	372,7	—	2,113	10,50	152,6	205,1	—	2,237
10,0	0,4	0,0	—	—	19,50	29,18	34,30	2,113	—	10,50	15,48	19,60	2,239	—
10,0	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	10	2,89	5,80	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	139,1	208,0	—	2,248
26,0	0,9	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	10	12,45	17,15	2,254	—
					—	—	—	—	—	10	—	188,7	—	2,237
6,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	12,03	18,03	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	—	94,1	—	2,237
28,0	5,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	—	10	—	9,45	2,239	—
28,0	6,0	2,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	10	9,65	14,40	2,239	—
					17,50	559,2	643,9	—	2,177	10	280,8	311,7	—	2,237
18,0	0,1	0,0	—	—	17,50	51,70	60,70	2,183	—	10	22,68	26,60	2,239	—
					—	—	—	—	—	10	190,4	259,2	—	2,192
1,0	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	10	18,93	22,80	2,197	—
					—	—	—	—	—	9	—	192,9	—	2,245
18,0	3,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	—	9	—	18,45	2,246	—
					32,50	177,4	341,6	—	1,825	11,50	154,8	300,8	—	2,231
6,0	0,1	0,0	—	—	32,50	25,00	27,73	1,831	—	11,50	19,78	28,05	2,239	—
					32,50	157,9 [1]	308,7 [1]	—	1,825	11,50	123,1 [1]	296,9 [1]	—	2,231
—	—	—	—	—	32,50	21,05[1]	25,63[1]	1,831	—	11,50	16,18[1]	25,53[1]	2,239	—
30,0	4,0	1,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	10	13,65	17,55	2,225	—
24,0	3,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	—	9,5	15,28	18,73	2,254	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,5	21,85[2]	24,15[2]	2,254	—
					16	525,3	636,2	—	2,237	9,50	211,8	279,2	—	2,248
20,0	2,0	0,3	0,0	—	16	54,85	58,28	2,239	—	9,50	21,53	26,03	2,254	—
					—	—	—	—	—	11	—	99,06	—	2,234
4,0	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	11	—	13,85	2,239	—
					—	—	—	—	—	11	49,3	132,1	—	2,234
10,0	2,0	0,8	0,6	0,2	—	—	—	—	—	11	7,00	16,98	2,239	—
					18	262,3	413,9	—	2,161	10	163,9	251,8	—	2,231
4,0	0,0	—	—	—	18	29,35	39,75	2,169	—	10	15,65	20,78	2,232	—
					17	274,0	369,9	—	2,180	10	110,0	161,2	—	2,254
16,0	2,0	0,1	0,0	—	17	28,45	34,78	2,183	—	10	11,45	17,25	2,254	—
					—	—	—	—	—	10	144,5	218,0	—	2,268
6,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—

[1] der Luft erhärteten, dann 1. 20 Stunden in den Frost von −12° C. bis −15° C., 2. 4 Stunden zur Aufthauung unter Wasser von 18° C.,

Digitized by Google

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Laufende Nr.	Cement-Marke	Gewicht des reinen Cementes eingerüttelt pro kg	Gewicht des reinen Cementes eingelaufen Liter kg	Wasser im reinen Cement für syrupartige Konsistenz pCt.	Wasser im reinen Cement beim Abbinden auf Glas pCt.	Abbindezeit Std.	Temperaturerhöhung Co	Beim Probenmachen war die Temperatur der Luft Co	Beim Probenmachen war die Temperatur des Anmachewassers Co	Beim Probenmachen war die Feuchtigkeit der Luft pCt.
136	Puzzolan-Cement. Journ.-Nr. 7303	1,342	0,846	52	41,6	$7^2/_3$ $10^1/_6$	0,8	18,2	15,4	64
137	Portland-Cement der Firma Aachen-Vylener Portland-Cement-Werk Kalff, van Rey und Scheins zu Aachen. Antr. Kgl. Eisenbahn-Direktion (linksrheinische) Cöln . . .	1,905	1,302	35	28,8	15 Min. 4	4,5	18,6	15,4	64
138	Cement. Schifferdecker & Söhne in Heidelberg. Antr. Dücker & Co. in Düsseldorf .	1,760	1,118	36	29,3	$2^1/_3$ 5	4,0	18,4	15,2	64
139	Cement von H. Manske & Co. in Lehrte. Antr. Dücker & Co. in Düsseldorf . . .	1,808	1,222	32	26,7	4 $6^3/_4$	2,8	18,6	15,2	65
140	Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet. Antr. Dücker & Co. in Düsseldorf . . .	1,847	1,274	37	30,6	50 Min. 5	3,5	18,4	15,3	63
141	Cement. Journ.-Nr. 7308	1,853	1,275	35	29,5	3 5	4,0	18,4	15,2	64
142[2])	Cement. Journ.-Nr. 7318	1,631	1,066	42	34,0	10 Min. $1^1/_4$	4,0	18,6	15,2	64
143	Cement. Journ.-Nr. 7319	1,881	1,278	32	26,8	50 Min. $2^5/_6$	4,2	18,9	15,3	65
144	Cement. Journ.-Nr. 7340	1,986	1,344	30	24,5	2 $5^1/_3$	4,0	18,6	15,4	66
145	Cement der Gewerkschaft Carl Otto in Cöln am Rhein	1,448	0,931	45	35,6	45 Min. $3^3/_4$	4,0	18,2	15,3	62
		—	—	—	—	—	—	—	—	—
146	Portland-Cement. Ursprungsangabe nicht gestattet	1,910	1,305	34	27,5	$5^1/_4$ $7^1/_4$	1,7	18,3	15,2	64
147	Cement. Journ.-Nr. 7364	1,882	1,278	33	27,0	5 $7^1/_2$	2,3	18,5	15,6	64

Die obere Zahl in Spalte 7 bedeutet den Erhärtungsanfang.

[1]) Die Cemente aus Nr. 138 bis 140 ergaben für dieselbe Mischung 1 : 3 bei Proben, die den ersten Tag an der Luft, die folgende

[2]) Der Cement Nr. 142 ergab für dieselbe Mischung 1 : 3 nach 3 tägiger Erhärtung 9,83 kg pro qcm Zugfestigkeit und 74,3 kg pro qc

[3]) Spalte 19 giebt Zug- resp. Druckfestigkeit für 90 Tage alte Proben an.

Digitized by Google

12					13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Mahlung auf					Reiner Cement					100 Gewichtstheile Cement und 300 Gewichtstheile Normalsand				
5000	900	600	324	180										
Maschen pro qcm Rückstände					Wasser in den Cement-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben Zug $\frac{G_z}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$	Wasser in den 1+3 Mörtel-Proben	Zugfestigkeit kg pro qcm		Dichte der Proben Zug $\frac{G_z}{V}=\gamma$	Druck $\frac{G_d}{V_1}=\gamma_1$
pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	7 Tage	28 Tage			pCt.	7 Tage	28 Tage		
					—	—		—	—	10	89,1	155,2	—	2,220
16,0	1,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	—	10	13,60	19,70	2,225	—
					—		—	—	—	10	80,0	135,3	—	2,234
12,0	2,0	1,5	0,7	0,3	—	—	—	—	—	10	10,33	14,30	2,239	—
16,0	3,0	1,0	0,0	—	—	—	—	—	—	10	—	19,83[1])	2,239	—
20,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	—	—	9,50	—	20,08[1])	2,239	—
16,0	0,5	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	—	15,33[1])	2,254	—
22,0	3,0	0,6	0,0	—	—	—	—	—	—	10	12,88	—	2,268	—
					—	—	—	—	—	10	126,3	178,3	—	2,220
18,0	0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	13,10	16,10	2,225	—
16,0	2,0	0,2	0,0	—	16,5	40,18	46,38	2,197	—	9,75	16,18	19,03	2,239	—
					15,50	328,4	414,7	—	2,251	8,75	135,5	205,4	—	2,254
24,0	0,0	—	—	—	15,50	34,28	41,30	2,254	—	8,75	13,13	18,83	2,254	—
					—	—	—	—	—	10	156,4	214,5	—	2,262
6,0	0,1	0,0	—	—	—	—	—	—	—	10	15,33	19,78	2,268	—
					—	—	—	—	—	10	281,1[3])	—	—	2,262
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	24,00[3])	—	2,268	—
16,0	1,0	0,3	0,0	—	—	—	—	—	—	10	14,25	17,83	2,268	—
24,0	5,0	2,0	0,1	0,0	17	42,07	47,13	2,183	—	10	15,98	20,05	2,225	—

[1]) 6 Tage unter Wasser und die übrige Zeit bis zu 28 Tagen wieder an der Luft erhärteten bezw. [3]) 80,70 kg pro qcm Zugfestigkeit für lfd. Nr. 138.
85,45 „ „ „ „ „ „ „ „ 139.
47,25 „ „ „ „ „ „ „ „ 140.
Druckfestigkeit.

Digitized by Google

V. Kleinere Mittheilungen.

1. Ueber die Veränderung des Papiers beim Lagern.

Herr Georg Drewsen in Lachendorf stellte der Versuchsanstalt im Jahre 1887 3 Papierproben von verschiedener Stoffzusammensetzung zur Verfügung, um dieselben von Zeit zu Zeit einer Festigkeitsprüfung zu unterziehen und auf diese Weise eine etwaige Veränderung der Werthe für Reißlänge und Bruchdehnung festzustellen.

Probe I bestand aus reinen Lumpen
Probe II „ „ 75% Lumpen und 25% Sulfitstoff
Probe III „ „ 40% „ „ 60% „

Die Proben wurden im Aktenschrank unter Lichtabschluß aufbewahrt und zu den aus den Tabellen näher ersichtlichen Zeitpunkten geprüft; die gewonnenen Versuchsergebnisse sind im nachfolgenden zusammengestellt.

Versuchs-Ergebnisse.

Probe I. (Reine Lumpen).

Datum der Prüfung.	Maschinenrichtung		Querrichtung		Mittelwerthe		Zimmer-	
	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	wärme C°	feuchtigkeit %
1. April 1887	6,08	2,8	3,97	4,5	5,03	3,7	18,0	67
19. Oktober 1887	5,70	2,3	3,56	5,0	4,63	3,7	18,6	66
9. März 1888	6,03	2,1	3,67	4,4	4,85	3,3	19,6	56
22. Juni 1888	5,59	2,5	3,45	4,9	4,52	3,7	22,6	62
18. September 1888	5,97	2,2	3,68	4,7	4,83	3,5	16,8	64
26. September 1889	6,20	2,1	3,80	4,8	5,00	3,5	18,8	63
14. März 1890	5,94	2,4	3,76	5,1	4,85	3,8	20,5	64

Probe II (75% Lumpen, 25% Sulfitstoff).

Datum der Prüfung.	Maschinenrichtung		Querrichtung		Mittelwerthe		Zimmer-	
	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	wärme C°	feuchtigkeit %
1. April 1887	5,77	2,4	3,73	4,2	4,75	3,3	16,0	60
19. Oktober 1887	5,46	1,8	3,56	4,0	4,51	2,9	18,2	63
9. März 1888	6,22	1,9	3,02	3,9	4,62	2,9	19,7	57
22. Juni 1888	6,02	1,7	3,72	3,7	4,87	2,7	23,4	62
18. September 1888	6,00	1,7	3,67	3,9	4,84	2,8	16,8	63
26. September 1889	6,36	2,0	3,80	4,0	5,08	3,0	18,8	63
14. März 1890	6,38	2,2	3,85	4,4	5,12	3,3	19,6	64

Digitized by Google

Probe III (40% Lumpen, 60% Sulfitstoff).

Datum der Prüfung.	Maschinenrichtung		Querrichtung		Mittelwerthe		Zimmer-	
	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	wärme C°	feuchtigkeit %
1. April 1887	5,91	2,1	3,83	4,2	4,87	3,2	16,8	58
19. Oktober 1887	5,95	1,6	3,84	3,7	4,90	2,7	18,6	63
9. März 1888	6,13	1,5	3,53	3,6	4,83	2,6	17,3	58
22. Juni 1888	6,57	1,6	3,70	3,7	5,14	2,7	23,2	60
18. September 1888	6,39	1,6	3,49	4,4	4,94	3,0	16,4	64
26. September 1889	6,47	1,5	3,72	4,2	5,10	2,9	18,6	63
14. März 1890	5,89	1,7	3,59	4,3	4,74	3,0	20,5	64

Zusammenstellung der Mittelwerthe.

Datum der Prüfung.	Probe I.				Probe II.				Probe III.			
	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Zimmerwärme C°	Zimmerfeuchtigkeit %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Zimmerwärme C°	Zimmerfeuchtigkeit %	Reißlänge km	Bruchdehnung %	Zimmerwärme C°	Zimmerfeuchtigkeit %
1. April 1887	5,03	3,7	18,0	67	4,75	3,3	16,0	60	4,87	3,2	16,8	58
19. Oktober 1887	4,63	3,7	18,6	66	4,51	2,9	18,2	63	4,90	2,7	18,6	63
9. März 1888	4,85	3,3	19,6	56	4,62	2,9	19,7	57	4,83	2,6	17,3	58
22. Juni 1888	4,52	3,7	22,6	62	4,87	2,7	23,4	62	5,14	2,7	23,2	60
18. September 1888	4,83	3,5	16,8	64	4,84	2,8	16,8	63	4,94	3,0	16,4	64
26. September 1889	5,00	3,5	18,8	63	5,08	3,0	18,8	63	5,10	2,9	18,6	63
14. März 1890	4,85	3,8	20,5	64	5,12	3,3	19,6	64	4,74	3,0	20,5	64

Ueberblickt man diese Mittelwerthe, so wird man kaum etwas anderes aussagen können, als daß die Unterschiede zwischen den einzelnen Prüfungen sehr gering sind und es zwischen den Werthen an einer Gesetzmäßgkeit fehlt, auf Grund welcher man von einer Veränderung der einen oder anderen Festigkeitseigenschaft sprechen könnte. Man darf bei der Bearbeitung solcher Fragen niemals außer Acht lassen, daß man es in dem Papier mit einem Körper zu thun hat, der in seiner ganzen Masse durchaus nicht gleichmäßig ist. In den „Mittheilungen" 1888 Heft II Seite 78 ist nachgewiesen worden, daß selbst bei einem guten, äußerst sorgfältig gearbeiteten Papier die Festigkeitseigenschaften an verschiedenen Stellen ein und desselben Bogens sehr verschieden sein können. Es muß deshalb als zu weitgehend angesehen werden, wenn, wie es verschiedentlich geschehen ist, oft auf Grund ganz geringfügiger Unterschiede in den Werthen für Reißlänge und Bruchdehnung bei verschiedenen Prüfungen von Zunahme oder Abnahme der einen oder der anderen Eigenschaft gesprochen wird. Wenn ein Papier bei der ersten Prüfung eine Reißlänge von beispielsweise 4,0 km und eine Bruchdehnung von 3,0% aufweist und bei einer späteren Untersuchung die Erstere sich = 4,2 km und die Letztere = 2,7% ergiebt, so wird man doch noch nicht ohne weiteres aussprechen

Digitized by Google

können, daß die Reißlänge des Papiers infolge des Lagerns zugenommen hat, die Bruchdehnung indessen kleiner geworden ist. Solche Unterschiede sind eben in der Natur des Papierblattes begründet; eine dritte Prüfung könnte sehr wohl eine Reißlänge von 3,8 km und eine Bruchdehnung von 3,2 % ergeben und demgemäß zu dem entgegengesetzten Schluß verleiten. Nur auf Grund von in die Augen springenden Abweichungen, die eine gewisse Gesetzmäßigkeit erkennen lassen, wird man in der Lage sein, von einer Zunahme beziehungsweise Abnahme von Festigkeitseigenschaften infolge des Lagerns zu sprechen.

Herr M . . . zieht in der „Papier-Zeitung" 1888 Nr. 45 Seite 894 auf Grund der von ihm ausgeführten Untersuchungen über die Veränderung des Papiers beim Lagern folgende Schlußbetrachtungen:

1. Alle Papiere erfahren, wenn sie mit Harz geleimt sind, auf dem Lager eine Zunahme an Festigkeit, gleichviel ob dieselben aus reinen Lumpen oder mit Zusatz von Sulfit- oder Natronzellstoff hergestellt sind.
2. Die Dehnung des Papiers verändert sich bei allen Sorten, welche mit einem Zusatz von Sulfitzellstoff gearbeitet sind, während sich bei Papier aus Lumpen die Dehnung nicht oder nur unbedeutend beim Lagern verändert.

Es ist ja nicht ausgeschlossen, daß sich diese Behauptungen schließlich als zutreffend erweisen werden, aber sie jetzt schon auf Grund der verhältnißmäßig wenigen hierüber vorliegenden Versuche als unumstößlich hinzustellen, muß doch wohl als gewagt bezeichnet werden; auch haben solche Erklärungen eine höchst bedenkliche Seite, indem sie gegen eine Klasse von Rohstoffen Vorurtheile erwecken, die vielleicht nicht berechtigt sind. Eins kommt noch hinzu, um die Beweiskraft vieler in dieser Beziehung gewonnenen Versuchsergebnisse in Frage zu stellen, und das gilt auch für die älteren der hier mitgetheilten Werthe; es ist dies der Einfluß der Feuchtigkeit auf die Festigkeitseigenschaften von Papier, der bei diesen Versuchen vielfach vernachlässigt worden ist, wie auch Herr S. in der Papier-Zeitung 1888 Nr. 50 Seite 995 dem oben erwähnten Herrn M . . . mit Bezug auf seine Untersuchung vorhält. Man hielt denselben wegen mangelnder einschlägiger Prüfung lange Zeit für unbedeutend, bis in dieser Beziehung in der Versuchsanstalt die entgegengesetzte Erfahrung gemacht wurde, welche in einem der nächsten Hefte der „Mitheilungen" veröffentlicht werden sollen. Auf Grund der gewonnenen Erfahrungen läßt sich aber als unzweifelhaft hinstellen, daß alle vergleichenden Festigkeitsversuche, die nicht bei annähernd gleicher Luftfeuchtigkeit ausgeführt sind, als hinfällig betrachtet werden müssen.

Deshalb wird man die Frage, ob das Papier im allgemeinen und gewisse Sorten insbesondere durch das Lagern allein eine Veränderung ihrer Festigkeitseigenschaften erfahren, besser noch so lange unbeantwortet lassen, bis eine sehr große Anzahl von Versuchen vorliegt, die auf diesen Gegenstand Bezug hat und unter Beobachtung aller nöthigen Vorsichtsmaßregeln ausgeführt ist.

Die Versuchsanstalt wird gerne mit aller Kraft an der Lösung dieser Aufgabe mitarbeiten, wenn nur die Praxis das nöthige Probematerial zur Verfügung stellt.

W. Herzberg.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von H. S. Hermann in Berlin.

Digitized by Google

Von den im Anschluß an die **„Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten"** zur Ausgabe gelangenden

Ergänzungsheften

sind erschienen:

1887.

Heft I. **Die Festigkeitseigenschaften des Magnesiums** von A. Martens. Mit 3 Tafeln. Preis M. 4,—.

Heft II. **Untersuchungen über die Festigkeitseigenschaften und Leitungsfähigkeit an deutschem und schwedischem Drahtmateriale.** Im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe von A. Martens. Preis M. 2,—.

Heft III. 1. **Mikroskopische Untersuchung des Papiers** von W. Herzberg. Mit 2 Lichtdrucktafeln. — 2. **Ergebnisse der Prüfungen von Apparaten zur Untersuchung der Festigkeitseigenschaften von Papier** von A. Martens. Mit 1 lithographirten Tafel. Preis M. 5,—.

Heft IV. **Ueber Druckpapiere der Gegenwart** von A. Martens. Preis M. 1,—.

1888.

Heft I. Ergänzungen zu den im 2. Ergänzungshefte 1887 veröffentlichten **Untersuchungen über Festigkeitseigenschaften und Leitungsfähigkeit an deutschem und schwedischem Drahtmateriale.** Im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe: 1) **Bestimmung des elektrischen Leitungswiderstandes von Metalldrähten.** Von A. Paalzow, Königl. Professor an der technischen Hochschule zu Berlin. Mit 1 lithographirten Tafel. — 2) **Zusammenhang zwischen der chemischen Zusammensetzung und dem Kleingefüge einerseits und der Leitungsgüte des Telegraphendrahtes andrerseits.** Unter Benutzung amtlicher Materialien von Dr. H. Wedding, Königl. Geheimen Bergrath zu Berlin. Mit 7 Lichtdrucktafeln. Preis M. 6,—.

Heft II. **Bericht über die Ergebnisse von Festigkeitsversuchen mit gelötheten Drahtseilen und Drähten.** Von A. Martens. Im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten. Mit 2 lithographirten Tafeln. Preis M. 8,—.

Heft III. **Schmieröluntersuchungen** ausgeführt im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe von A. Martens. Mit 4 lithogr. Tafeln. Preis M. 6,—.

Heft IV. **Untersuchung japanischer Papiere** im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe von A. Martens. Mit 3 Tafeln in Lichtdruck. Preis M. 5,—.

Heft V. **Bericht** über die im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe ausgeführten vergleichenden Untersuchungen von **Seilverbindungen für Fahrstuhlbetrieb.** Theil I. Ergebniß der Untersuchungen für ruhende Belastung. Erstattet von A. Martens. Preis M. 2,60.

1889.

Heft I. **Resultate der Untersuchungen des in der Eifel vorkommenden vulkanischen Sandes in Bezug auf seine Verwendbarkeit zur Mörtelbereitung.** Ausgeführt im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe von Dr. Böhme, Vorsteher der Königlichen Prüfungs-Station für Baumaterialien. Mit 2 Tafeln. Preis M. 3,—.

Heft II. **Untersuchungen von natürlichen Gesteinen auf Festigkeit, specifisches Gewicht, Härtegrad, Wasseraufnahme, Cohäsionsbeschaffenheit und Wetterbeständigkeit.** Von Dr. Böhme, Vorsteher der Königlichen Prüfungs-Station für Baumaterialien. Mit einer Lichtdrucktafel. Preis M. 4,—.

Heft III. **Bericht über die im Auftrage des Herrn Ministers für Landwirthschaft, Domänen und Forsten ausgeführten Holzuntersuchungen.** Erstattet von M. Rudeloff, erster Assistent der mechanisch-technischen Versuchsanstalt. Mit 2 Tafeln. Preis M. 7,—.

Heft IV. **Festigkeitsuntersuchungen mit Zinkblechen der schlesischen Aktien-Gesellschaft für Bergbau- und Zinkhüttenbetrieb zu Lipine O.-S.** Von A. Martens. Mit 2 Tafeln. Preis M. 4,—.

Heft V. **Schmieröluntersuchungen** ausgeführt im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe. Von A. Martens. (Fortsetzung zum Ergänzungsheft III. 1888.) Mit einer Tafel. Preis M. 10,—.

Digitized by Google

Sämmtliche Apparate
zur
Untersuchung von Mineralölen,
als
Abel'sche Petroleumprober, Mineralölprober (Abel-Pensky),
Engler'sche Viscositätsmesser, Leptometer u. s. w.
empfehlen in bester Ausführung 9084
und stehen Cataloge gratis zu Diensten.
Berthold Pensky Nachfolger,
BERLIN S.W., Wilhelmstrasse No. 122.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.
Monbijouplatz 8.

Chemisch-technische Untersuchungsmethoden

der

Gross-Industrie, der Versuchsstationen und Handelslaboratorien.

Unter Mitwirkung von

G. Balling, M. Barth, Th. Beckert, R. Benedikt, C. Bischof, E. Bückner, C. Counoler, C. v. Eckenbrecher, O. Guttmann, W. Herzberg, P. Jeserich, C. Kretzschmar, O. Mertens, A. Morgen, R. Nietzki, A. Pfeiffer, E. Scheele, K. Stammer, A. Stutzer

herausgegeben von

Dr. Fr. Böckmann,

Chemiker der Solvay'schen Sodafabrik zu Wyhlen.

Zwei Bände.

Mit zahlreichen in den Text gedruckten Abbildungen.

Zweite vermehrte und umgearbeitete Auflage.

Preis M. 22,—; gebunden in 2 Leinwandbänden M. 24,40.

Papier-Prüfung.

Ein Leitfaden bei der Untersuchung von Papier.

Herausgegeben

von

Wilhelm Herzberg,

Erster Assistent der Abtheilung für Papier-Prüfung an der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Charlottenburg

Mit 22 in den Text gedruckten Figuren und 2 Tafeln in Lichtdruck.

Preis geb. M. 5,—.

Vollständig liegt vor:

Elasticität und Festigkeit.

Die für die

Technik wichtigsten Sätze und deren erfahrungsmässige Grundlage.

Von

C. Bach,

Professor des Maschinen-Ingenieurwesens am K. Polytechnikum Stuttgart.

Mit in den Text gedruckten Abbildungen und 14 Tafeln in Lichtdruck.

In Leinwand gebunden Preis M. 17,50.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Hierzu Beilagen von:

Paul Stock in Schweidnitz i./Schl. und Verlagsbuchhandlung von Julius Springer in Berlin N.

Digitized by Google

WHITNEY LIBRARY
MUS. COMP. ZOOL.

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Achter Jahrgang: 1890.

Zweites Heft.

Mit einer lithographirten Tafel.

Berlin.
Verlag von Julius Springer
c 1890.

Digitized by Google

Seit 1883 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

I. Mittheilungen der Königlichen Aufsichts-Kommission. Seite

(Fehlen.)

II. Mittheilungen aus der mechanisch-technischen Versuchsanstalt.

1. Vergleichende Untersuchung von Vorrichtungen und Verfahren zur Bestimmung des Kältepunktes und des Flammpunktes von Schmierölen. Vom Vorsteher, Professor A. Martens 53
2. Ueber den Säuregehalt pflanzlicher Oele. Von Dr. Holde, Assistent der Abtheilung für Oelprüfung 78
3. Adansonia-Papier. Von W. Herzberg. Erster Assistent der Abtheilung für Papierprüfung 82
4. Aschengehalt verschiedener Papierrohstoffe. Von W. Herzberg. Erster Assistent der Abtheilung für Papierprüfung 89
5. Ueber den Einfluß der Dicke auf die Festigkeitseigenschaften von Papier. Von W. Herzberg. Erster Assistent der Abtheilung für Papierprüfung 92

III. Mittheilungen aus der chemisch-technischen Versuchsanstalt.

(Fehlen.)

IV. Mittheilungen aus der Prüfungs-Station für Baumaterialien.

1. Untersuchungen von weißem Marmor aus den der Aktiengesellschaft für Marmorindustrie Kiefer in Kiefersfelden (Oberbayern) gehörigen Marmorbrüchen des Untersberges. Vom Vorsteher, Professor Dr. Böhme 94
2. Untersuchungen von weißem Sandstein aus einem dem Herrn Steinmetzmeister Carl Schilling in Berlin gehörigen Steinbruche in Friedersdorf bei Cudova (Heuscheuergebirge). Vom Vorsteher, Professor Dr. Böhme 100
3. Untersuchungen von sechs Bruchsteingattungen aus den dem Herrn Rud. Ebert zu Wurzen i. Sachsen gehörigen Steinbrüchen. Vom Vorsteher Professor Dr. Böhme 102
4. Untersuchung eines Kalkes aus dem Kalkwerk Schulz zu Soetenich i. d. Eifel. Vom Vorsteher, Professor Dr. Böhme, ... 106

Digitized by Google

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.
Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

VIII. Jahrgang. **1890.** Zweites Heft.

II. Mittheilungen aus der mechanisch-technischen Versuchsanstalt.

1. Vergleichende Untersuchung von Vorrichtungen und Verfahren zur Bestimmung des Kältepunktes und des Flammpunktes von Schmierölen.

Vom Vorsteher Professor A. Martens.

Im Auftrage der Königlichen Eisenbahndirektion zu Berlin hat die Versuchsanstalt die gebräuchlichsten Verfahren zur Bestimmung des Kältepunktes und des Flammpunktes von Schmierölen einer vergleichenden Untersuchung unterzogen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung haben als Unterlagen für die Feststellung derjenigen Verfahren dienen sollen, nach welchen in Zukunft die Schmieröllieferungen für die Staatseisenbahnen einheitlich untersucht werden sollen. Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit, welche der Gegenstand für einen großen Kreis von Interessenten hat, hat der Herr Minister der öffentlichen Arbeiten die Benutzung der gewonnenen Versuchsergebnisse für diese Veröffentlichung gestattet. Um jedoch den Gegenstand in vollständigerer Form geben zu können, sind hier auch noch die Ergebnisse von weiteren Arbeiten der Versuchsanstalt benutzt worden.

Der Vergleich hat sich auf die folgenden Verfahren zur Kältepunktsbestimmung erstreckt:

1. Apparat I der Königlichen Eisenbahndirektion Köln (rechtsrheinisch).
2. Apparat II der Königlichen Eisenbahndirektion Elberfeld.
3. Apparat III der Königlichen Eisenbahndirektion Köln (linksrheinisch).
4. Apparat IV der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt (neues Verfahren).
5. Apparat V von Dr. Treumann in Hannover.
6. Apparat VI der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt (älteres Verfahren).

In Bezug auf die Flammpunktsbestimmungen erstreckte sich der Vergleich auf:

7. Apparat VII von Dr. Treumann in Hannover (neues Verfahren).
8. Apparat VIII veränderter Abel-Penskyscher Flammpunktsprüfer der Versuchsanstalt.

Die Versuche sind von den Assistenten Dr. Holde und Dr. Bender ausgeführt worden.

Digitized by Google

Apparat I (Fig. 1. Tabelle 1).

Das Oel wird in einem Reagirglase durch Aetherverdunstung abgekühlt und bei einem bestimmten Kältegrade durch Neigen des Gläschens geprüft, ob die Oeloberfläche sich bewegt oder nicht.

Das Geräth ist durch Fig. 1 dargestellt. Es besteht aus zwei in einander gestellten Glasbechern (sogenannte Batteriegläser), welche gemeinsam durch einen Gummistopfen abgeschlossen werden, indem das innere Gefäß durch eine Watteschicht gegen den Stopfen gedrückt wird. Durch den Gummistopfen sind in das innere Gefäß das Reagirglas a, der Trichter b, das Saugerohr c und die Thermometer d und e eingeführt. Die Oelprobe kommt in das Gläschen a; ihr Wärmegrad wird durch das Thermometer f angezeigt. Durch den Trichter b wird das innere Gefäß bis auf $^2/_3$ seiner Höhe mit Aether gefüllt, so daß die Oelprobe und das Thermometer d in den Aether eintauchen, während das Thermometer e nur Anfangs im, später über dem Aether sich befindet. Beim Absaugen durch Rohr c tritt die Luft in Blasenform durch Trichter b ein und bewirkt die Abkühlung durch Verdunstung des Aethers. Nach der Vorschrift sollen Apparat, Aether und Oelprobe vor dem Versuch auf + 10 C° abgekühlt werden, worauf nach der Instandsetzung so lange Luft durchzusaugen ist, bis das Thermometer im Oel etwa 1° höher zeigt, als der vorgeschriebene Kältepunkt ist. Zugleich soll die Aetherwärme einige Grade unter dem vorgeschriebenen oder vermutheten Kältepunkt des Oeles gebracht sein, dann soll das Saugen eingestellt werden, worauf das Thermometer f langsam weiter fällt. In dem Augenblick, wo dieses den vorgeschriebenen Kältepunkt — 5, — 10 C° u. s. w. zeigt, wird das ganze Geräth gekippt, um zu sehen, ob das Oel noch fließt oder nicht. Die Luftsaugevorrichtung wurde von der Verwaltung, wie in Fig. 2 schematisch angedeutet, eingerichtet. Ein mit Ueberlauf versehener Wasserbehälter a (35 L.) ist durch den Hahn b mit einem etwa 4 m langen Abfallrohr d verbunden. Das aus d abströmende Wasser saugt die Luft durch Rohr c an.

Die Verwaltung spricht sich über den Apparat und die Methode wie folgt aus:

„Hierzu ist zu bemerken:

1. Daß bei der schon oben erwähnten Stellung der beiden, in das kleine Glas eingesetzten Thermometer (d und e), das eine (d) bis zuletzt in den Aether eintaucht, das andere (e) aber, wenn der Aether bis etwa auf sein halbes Volumen verdunstet ist, nicht mehr vom Aether umspült wird, sondern über demselben steht. Letzteres zeigt dann eine höhere Temperatur an und zwar ist der Unterschied um so größer, je höher die Temperatur der durchgesaugten Luft ist.

2. Daß die Zeit, welche erforderlich ist, um das vorher auf 0° abgekühlte Oel bis — 10° weiter abzukühlen, bei einer Lufttemperatur zwischen + 15 und + 20 C° etwa 10 Minuten dauert.

3. Daß man durch Schließen und Wiederöffnen des Hahnes der Saugpumpe es in der Hand hat, die Temperatur des Oeles mit der Temperatur der das Oel umgebenden Luftschicht auf die gleiche Höhe zu bringen.

4. Daß der Aether möglichst wasserfrei sein muß, weil sonst das im Apparat sich bildende Eis die Luftzuführung total abschließen kann.

5. Daß der Apparat sowohl, wie der für denselben benutzte Aether vorher möglichst abgekühlt werden müssen, im Sommer am zweckmäßigsten in einem Eisschranke, der Aether auch wohl durch Hindurchleiten von Luft.

Digitized by Google

6. Daß man den auf das große Glas aufgesetzten Gummistopfen nach Beendigung des Versuchs vom Glase abnimmt, weil der verdunstende Aether ein starkes Quellen des Gummis veranlaßt und der Stopfen später sehr schwer abzunehmen ist."

Bei den Prüfungen in der Versuchsanstalt wurde eine durch die städtische Wasserleitung betriebene Bunsensche Wasserluftpumpe mit Rückschlagventil benutzt und die Regelung des Luftstromes durch einen Quetschhahn bewirkt. Es gelang so in genügend kurzer Zeit die gewünschten Kältegrade im Oel zu erzeugen, weshalb von der vorschriftsmäßigen Abkühlung der Theile auf + 10° Abstand genommen wurde. Der Apparat lieferte unter sonstiger Innehaltung der Vorschriften bei mehreren mit den gleichen Oelen wiederholten Versuchen in den meisten Fällen gleiche Ergebnisse. In einzelnen Fällen (Tab. 1 Nr. 12 und 13) zeigten sich größere Abweichungen. Diese fehlerhaften Bestimmungen haben offenbar in erster Linie ihre Ursache in der der Vorschrift entsprechenden ungenügenden Kühldauer. Die Paraffinabscheidungen gehen bekanntlich bei den Mineralölen sehr langsam und in der Weise vor sich, daß die Abscheidungen die flüssige Masse durchschießen. Es ist deshalb für die Kälteprüfung der Oele sowohl von der Versuchsanstalt*) als auch von anderen Stellen mehrfach betont worden, daß zur Erzielung vergleichbarer Ergebnisse die Proben längere Zeit, mindestens 1 Stunde lang dem in Frage kommenden Kältegrade ausgesetzt werden müssen. Kühlt man kürzere Zeit, z. B. nur wenige Minuten ab, so erhält man nicht nur eine in sich ungleichartige Masse, sondern auch, da die Paraffinabscheidungen nur unvollkommen erfolgt sind, einen bedeutend günstigeren Zustand des Oeles. Es bilden sich z. B., wie dies mehrfach beobachtet wurde, zunächst an der Oberfläche des Oeles Abscheidungen, welche dann beim Neigen des Reagensglases, je nachdem sie mehr oder weniger stark sind, von den flüssigen Theilen des Oeles mehr oder minder leicht durchbrochen werden. Selbstverständlich kommt es, solange die ganze Masse des Oeles noch nicht einen gleichmäßigen Zustand angenommen hat, in Betracht, wie lange und um welchen Winkel man das Gläschen neigt. Hierzu kommt, daß das Oel im Probegläschen kaum in allen Theilen gleichmäßige Wärme annehmen dürfte, da es sich gegen Ende des Versuches zum Theil in Aether, zum Theil in der wärmeren Dampfluftschicht befindet.

Die mit dem Apparat gewonnenen Ergebnisse können trotz der Uebereinstimmungen, welche sie meistens bei gleichen Oelen zeigten, nicht als stichhaltig angesehen werden, weil zwei von den untersuchten Proben (Nr. 10 und 13) bei nur sehr wenig verschiedener Kühldauer abweichende Ergebnisse lieferten. Bei ähnlichen Oelen würde also auch ein Vergleich von Anlieferungs- und Angebotsprobe nicht stichhaltig sein, so lange nicht genau gleiche Abkühlungsverhältnisse innegehalten werden und jede Erschütterung der Probe vermieden wird.

Abgesehen nun von den erwähnten Mängeln der Methode sei noch bemerkt, daß die von dem Wassergehalt der Luft herrührenden Eisbeschläge an den Wänden der Batteriegläser in vielen Fällen eine genaue Beobachtung erschweren, ein Uebelstand, dem übrigens durch Anwendung trockner Luft und durch einige zwischen das äußere und innere Glas gelegte Chlorcalciumstücke leicht abzuhelfen ist. Der weniger ins Gewicht fallende, von der Verwaltung betonte Vorzug größerer Billigkeit der Aetherabkühlung gegenüber der Benutzung von Eis- und Salzgemisch kann nicht zugegeben

*) „Mittheilungen" 1889 Heft 1.

Digitized by Google

werden. Während man nach dem von der Versuchsanstalt benutzten Verfahren*) (Methode 6), welche zur Abkühlung der Salzlösungen in einer Stunde etwa für 4 Pfennige Eis und für 1 Pfennig Kochsalz erfordern, in einer Stunde mindestens 10 verschiedene Proben bei einem Kältegrade untersuchen kann, können mit dem hier besprochenen Apparat I in der Stunde nur 2, allenfalls 3 Proben einer Prüfung unterzogen werden, und zwar kann dies selbstverständlich auch nur bei Anwendung der ungenügenden Kühldauer geschehen. Bei Prüfung von 10 Oelen braucht man dann für 72 Pfennige Aether. Es mag ferner darauf hingewiesen werden, daß bei Arbeiten mit Aether in einem Raume, in welchem vielleicht Flammen brennen, immerhin auch die große Feuergefährlichkeit in Rücksicht zu ziehen ist. Daß die Abkühlung durch Aether eine größere Sauberkeit sichert als diejenige mittelst Eis und Kochsalz, kann nicht bestritten werden, jedoch wird dies praktisch kaum in Frage kommen. Dagegen ist es eine ziemlich umständliche Operation, den Aether ganz wasserfrei zu machen.

Dem Leser, welchem die Methode 6 noch unbekannt ist, sei kurz gesagt, daß bei ihr die Proben in Reagirgläsern von bestimmter Weite in Salzlösungen mindestens eine Stunde abgekühlt werden. Die Salzlösungen sind derart gewählt, daß ihre Sättigungspunkte in einer steigenden Reihe von — 15,4° bis 0° liegen. Die Abkühlung der Salzlösungen geschieht in einer Kältemischung aus Eis und Viehsalz.

Stellt man nun die mit Apparat I erhaltenen Ergebnisse den mit dem Verfahren der Versuchsanstalt (Apparat VI) gewonnenen gegenüber, so zeigt sich, daß sich die ersteren, wie zu erwarten war, infolge der ungenügenden Kühldauer günstiger stellen als die Ergebnisse mit dem Apparat VI; es wird mit Methode 1 der Kältepunkt im Allgemeinen tiefer liegend gefunden. Der Einwand, daß die verschiedene Weite der benutzten Reagirgläser das günstigere Ergebniß bei Apparat I bedingen könne, trifft nicht zu, da das Glas dieses Apparates fast die gleiche Weite hat, wie die bei Methode 6 benutzten Gläser, nämlich etwa 15 mm. Bei Apparat I hat sogar der im Reagirglase enthaltene Oelkörper wegen des in ihn eingetauchten Thermometergefäßes eine geringere Querschnittsfläche und deswegen müßte bei hinreichend langer Kühldauer hier sicherlich erst recht das Erstarren des Oels eintreten, wenn dies in dem Apparat der Versuchsanstalt geschieht (vergl. Reihe 10 Tab. 1). Wie auch die bei Tab. 1. Nr. 10 angeführten Versuche zeigen, erhält man ganz andere und zwar ungünstigere Ergebnisse, wenn man das Oel in dem mit dem Thermometer versehenen Gefäße, statt eben bis auf den gewünschten Kältegrad abzukühlen, erheblich längere Zeit in dem Kältebade beläßt.

Die Prüfung der Thermometer ergab, daß das kleine in das Oel zu tauchende Instrument (Fig. 1 f.) bei 0°, —5° und —8° um etwa 0,6° zu tief anzeigte. Bei einem der anfänglich angestellten Versuche trat beim Abkühlen des Thermometers eine Trennung des Fadens ein. Durch Schütteln des Instrumentes wurden die getrennten Quecksilberfäden wieder vereinigt. Am 25. September wurde bemerkt, daß sich ein Theil des Quecksilbers von dem übrigen getrennt und in dem oberen von der Messinghülse umgebenen Theile der Kapillare festgesetzt hatte. Nach völliger Wiedervereinigung der Quecksilbersäule wurde deshalb eine erneute Prüfung derjenigen Oele vorgenommen, welche an den vorhergehenden Tagen günstige Ergebnisse geliefert hatten. Diese Kontrol-

*) Ausführlich beschrieben in „Mittheilungen" 1889.

Digitized by Google

versuche ergaben jedoch keine Abweichungen. Die Vergleichung der beiden im flüssigen Aether und Aetherdampf befindlichen Thermometer (d u. e) ergab für beide Instrumente den Eispunkt + 0,4°, wobei die Einhüllung in Eis bis zum Theilstrich —25° stattfand.

(Tabelle 1 siehe S. 58 und 59.)

Apparat II. (Fig. 3. Tabelle 2).

Der Wärmegrad, bei welchem ein zum Erstarren gebrachtes Oel beim Wiedererwärmen durch den Druck einer 30 mm hohen Oelsäule von Zimmerwärme in einer Röhre von 5 mm lichter Weite aufzusteigen beginnt, wird als Kältepunkt betrachtet.

Der Apparat besteht aus dem dreischenkeligen Glasgefäß a, welches bis zu den Nullmarken der beiden Außenschenkel mit dem zu prüfenden Oel gefüllt und dann in einer Kältemischung völlig bis zum Erstarren gebracht wird, nachdem man zuvor das Thermometer b in den Gummistopfen des mittleren Schenkels so eingeschoben hat, daß sein Gefäß tief in die Probe eintaucht. In das linke seitliche Rohr wird nach dem Erstarren der Probe ein 5mm weites Glasröhrchen d durch den Gummistopfen bis auf die Oeloberfläche geschoben, und zur Verhütung des Aufsteigens im mittleren Rohr dieses durch Einschieben des Glasstöpsels c geschlossen. Der mit Theilung versehene linke Gefäßschenkel wird nun bis zur Marke 30mm mit Oel gefüllt, hierauf das Gefäß aus der Kältemischung genommen und auf den zugehörigen Holzuntersatz gestellt. Das Thermometer b wird abgelesen, sobald das Oel in dem 5mm weiten Röhrchen zu steigen beginnt.

Aus den Versuchsergebnissen Tab. 2 geht hervor, daß die gefundenen Kältepunkte unter einander nicht übereinstimmen. Je tiefer man das Oel vor dem Wiedererwärmen abgekühlt hat, desto niedriger ist im Allgemeinen (mit Ausnahme von Tab. 2 Nr. 1, V. 3; Nr. 2, V. 4; Nr. 4, V. 4) der Kältepunkt; indessen ist er aber auch bei gleich großer Abkühlung mehrfach verschieden gefunden worden. Dieser Umstand findet in folgenden Fehlerquellen seine Erklärung.

Das Schmelzen des Oeles in der Nähe des Aufsteigröhrchens wird nicht nur von der durch die Gefäßwandungen auf das Oel übertragenen äußeren Luftwärme, sondern auch durch die Wärme des Aufsteigröhrchens und der in den Gläsern befindlichen Luft bewirkt. Ebenso wird das im rechten Gefäßschenkel befindliche erstarrte Oel durch das zugegossene Oel erwärmt. Dem entsprechend sind die oberen Oelschichten, namentlich in den beiden Seitenschenkeln, stets wärmer als die Hauptmasse des Oels. Das Thermometer kann also im Augenblick des Aufsteigens nicht den Wärmegrad des fließenden Oeles angeben. Es ist auch nicht sicher, daß der Unterschied zwischen der wirklichen Wärme des aufsteigenden Oeles und der Angabe des Thermometers bei verschiedenen Oelen die gleiche ist; selbst bei verschiedenen an einem Oele vorgenommenen Versuchen muß er mehr oder weniger groß sein, je nach dem Grade der vorhergegangenen Abkühlung. Dies wird durch Folgendes erläutert. Wurde das Oel erheblich unter seinen wahren Fließpunkt abgekühlt, so wird es bei der Prüfung beispielsweise schon bei —18° aufsteigen. Kühlt man nun bei einem zweiten Versuch bis —18° ab, so wird man nunmehr den Fließpunkt vielleicht bei —16° finden und bei weiteren Versuchen, bei denen die Abkühlung stets nur bis zu dem vorher gefundenen Fließpunkt getrieben wird, wird die Ablesung immer geringere Kältegrade ergeben, bis man sich schließlich dem wahren Fließpunkt

Digitized by Google

Tabelle 1. **Vergleich**

Bemerkungen. Die Wärmeangaben für die Spalte k (Kältegrad, bei welchem der Versuch vorgenommen wurde verstrich, um das Oel von Zimmerwärme auf 0°.

Lfd. No.	Zeichen und Herkunft der Proben.	Ergebnisse der Methode: Kältegrad k=C°	Versuch 1. Kühldauer Min. a	Versuch 1. Kühldauer Min. b	Versuch 1. Zustand des Oeles.	Versuch 2. Kühldauer Min. a	Versuch 2. Kühldauer Min. b	Versuch 2. Zustand des Oeles.	Versuch 3. Kühldauer Min. a	Versuch 3. Kühldauer Min. b	Versuch 3. Zustand des Oeles.
1	I 22. russisch	10,6	9	5	ganz langsam fließend	8	8	ganz langs. fließend	12	13	ganz langs. fließd.
2	desgl.	10,0	5	14	langsam fließd.	7	8	langs. fließd.	4	6	anfängl. nicht fließd., nach kurz. Zeit fließd.
3	I 28. russisch	10,6	6	5	fließend	8	9	langs. fließd.	9	13	langs. fließend
4	desgl.	10,0	7	10	fließend	10	10	fließend	23	15	fließend
5	I 81. russisch	10,6	10	12	langsam fließd.	10	23	langs. fließd.	—	—	—
6	desgl.	10,0	30	23	fließend	10	10	ganz langs. fließend	8	7	fließend
7	I 24. russisch	10,0	10	15	fließend	7	22	fließend	40		fließend
8	I 23. russisch	10,0	7	7	nicht fließend	7	8	nicht fließd.	10	18	nicht fließend
9	desgl.	9,6	13	20	desgl.	7	27	desgl.	7	10	desgl.
10	desgl.	9,0	10	15	langs. fließend	Nach 45 Min. Abkühlen des mit Oel und Thermometer für — 8° des Apparat VI					
11	desgl.	8,5	2,5	2,5	fließend	7,5	9,5	langs. fließd.	19	21	langs. fließend
12	I. 13 schottisch	1,0	6	0,5	fließend	6	1	fließend	9	0,75	nicht fließend
13	I U. schottisch	0,6	5,25	0,75	fließend	5	1	nicht fließend	11	1	fließend

nähert. Dieser kann also stets nur durch eine Reihe von Versuchen gefunden werden. Mit dem Vorentwickelten steht auch die Beobachtung im Einklang, daß bei mehreren Oelen die oberen Schichten schon geschmolzen und klar durchsichtig erschienen, während das übrige Oel noch starr und undurchsichtig war. Das Aufsteigen des Oeles kann demnach schon stattfinden, wenn der größte Theil im Gefäß noch starr ist, und zwar einfach auch schon dadurch, daß die sich ausdehnende Luft im linken Gefäßschenkel den bereits flüssigen Theil in das enge Röhrchen treibt. Da die Geschwindigkeit der Wärmevertheilung in dem aus der Kältemischung herausgenommenen Apparate von dem Wärmegrade der umgebenden Luft abhängig ist, so ist auch dieser Faktor eine Fehler-

Digitized by Google

wischen Methode 1 u. 6.

nd die unverbesserten Ablesungen am Thermometer f Fig. 1. In den Spalten a und b ist die Zeit angegeben, welche nd von 0° auf den Kältegrad k abzukühlen.

Apparat I, Fig. 1.)						Ergebnisse der Methode 6 (Apparat VI, Fig. 13, 14.)			
Versuch 4.			Versuch 5.				Versuch 1.	Versuch 2.	Versuch 3.
Kühldauer Min.		Zustand des Oeles.	Kühldauer Min.		Zustand des Oeles.	Kältegrad k=C°	Zustand des Oeles.	Zustand des Oeles.	Zustand des Oeles.
a	b		a	b					
15	9	ganz langs. fließend	10	45	ganz langs. fließend.	10	nicht fließd.	nicht fließd.	nicht fließd.
5	10	langs. fließd.	5	18	langs. fließd.	—	(bei —8° nicht fließend, vergl. Tab. 4)		
—	—	—	—	—	—	10	nicht fließd.	nicht fließd.	nicht fließd.
—	—	—	—	—	—	—	(bei —8,5° nicht fließend, vergl. Tab. 2 u. 3)		
—	—	—	—	—	—	10	nicht fließd.	nicht fließd.	nicht fließd.
17	23	fließend	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	10	fließend	fließend	fließend
45		nicht fließd.	—	—	—	10	nicht fließd.	nicht fließd.	nicht fließd.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
versehenen Gläschens aus Apparat I in der Kältelösung ist die Probe nicht fließend.						—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	8	nicht fließd.	nicht fließd.	nicht fließd.
14	4	nicht fließd.	—	—	—	0	fließend	fließend	fließend
—	—	—	—	—	—	0	nicht fließd.	nicht fließd.	nicht fließd.

quelle, wenn nicht in der vorbeschriebenen Weise eine Reihe von Versuchen ausgeführt wird. Wenn man also ein Oel bei zwei Versuchen auf gleiche Grade abkühlt und zwar unter seinen wahren Fließpunkt, und die Bestimmungen bei verschiedener Luftwärme macht, so müssen die Ergebnisse verschieden ausfallen. In der Regel wird die Kältemischung erheblich kälter sein, als es dem Erstarrungspunkte beziehentlich dem anzuwendenden Abkühlungsgrade entspricht. Deswegen wird bei gleichem am Thermometer abgelesenen Abkühlungsgrade der Wärmezustand des Glases und der äußersten Oelschichten ein anderer sein, je nach dem Unterschiede der Wärme der Kältemischung. Auch dieser Umstand kann wiederum Veranlassung zu Abweichungen in den Ergebnissen

Digitized by Google

sein. Ferner ist auch noch die Einstellung des Steigeröhrchens von Einfluß auf die Ergebnisse, weil die Oberfläche des Oeles beim Erstarren sich in verschiedenem Maße trichterförmig zusammenzieht.

Im Allgemeinen sind die vorstehend erwähnten Punkte durch die in Tab. 2 mitgetheilten Ergebnisse belegt, nach deren Aussage die mit dem vorbesprochenen Apparat festgestellten Kältepunkte durchweg niedriger liegen, als sie mit dem Verfahren der Versuchsanstalt gefunden wurden. Das Thermometer zeigte den Eispunkt −0,2 C°.

Tabelle 2. **Vergleich zwischen Methode 2 und 6.**

Die Wärmeangaben sind die unverbesserten Ablesungen am Thermometer b. Fig. 3.

Laufende Nr.	Zeichen und Herkunft der Proben	Ergebnisse der Methode 2 (Apparat II, Fig. 3.) Vorgang	Versuch 1. C°	Versuch 2. C°	Versuch 3. C°	Versuch 4. C°	Versuch 5. C°	Ergebnisse der Methode 6 (Appar. VI, Fig. 13, 14.) Kältegrad K·C°.	Versuch 1. Zustand des Oeles	Versuch 2. Zustand des Oeles	Versuch 3. Zustand des Oeles
1.	I 22. russisch	Abgekühlt bis	— 20	— 16	— 16	— 13	—	— 5	fließend	fließend	fließend
		Beginn des Fließens	— 13	— 15	— 13	— 13	—	— 8,5	nicht fließend	nicht fließend	nicht fließend
2.	I 23. russisch	Abgekühlt bis	— 14,7	— 14,5	— 13,5	— 13,5	—	— 5	fließend	fließend	fließend
		Beginn des Fließens	— 14	— 12	— 13,5	— 11	—	— 8,5	nicht fließend	nicht fließend	nicht fließend
3.	I 28. russisch	Abgekühlt bis	— 18	— 18	— 18	— 12	—	— 5	fließend	fließend	fließend
		Beginn des Fließens	— 15	— 15	— 10	— 9	—	— 8,5	nicht fließend	nicht fließend	nicht fließend
4.	I 29. russisch	Abgekühlt bis	— 17	— 16,5	— 15	— 12	— 12	0	fließend	fließend	fließend
		Beginn des Fließens	— 11	— 5,5	— 9	— 4	— 4	— 3	nicht fließend	nicht fließend	nicht fließend
5.	I 13. schottisch	Abgekühlt bis	— 17	— 17	— 10	— 7,5	—	0	fließend	fließend	fließend
		Beginn des Fließens	— 11	— 9	— 4	— 5,5	—	— 3	nicht fließend	nicht fließend	nicht fließend
6.	I U schottisch	Abgekühlt bis	— 13	— 9	— 9	—	—	0	nicht fließend	nicht fließend	nicht fließend
		Beginn des Fließens	— 6	— 5,7	— 4,5	—	—	—	—	—	—

Apparat III. (Fig 4. Tabelle 3.)

Der Wärmegrad, bei welchem das durch Aetherverdunstung zum Erstarren gebrachte Oel beim Wiedererwärmen unter dem Druck einer Oelsäule von 30 mm in einer Röhre von 5 mm lichter Weite aufzusteigen beginnt, wird als Kältepunkt betrachtet.

Der Apparat Fig. 4 besteht aus einem dreischenkligen Glasgefäß a, dessen beide äußere Schenkel f und g von 5 mm Lichtweite mit einer Theilung von 0 bis 50 mm versehen sind und mit eingeschliffenen Glasstöpseln verschlossen werden können. Der mittlere Schenkel von etwa 10 mm lichter Weite wird durch einen mit Thermometer b versehenen Gummistopfen nicht vollständig dicht verschlossen. Das Glasgefäß a wird mittelst eines großen Gummistopfens in dem äußeren Batterieglase so befestigt, daß das innere Glas, durch Watte angedrückt, sich gegen den Gummistopfen abdichtet, wie bei Apparat I. Der Trichter d dient zum Einfüllen des Aethers, und Thermometer c zur Feststellung des beim Ansaugen der Luft durch Rohr e erreichten Kältegrades in der Aetherfüllung. Ein in Fig. 4 nicht gezeichneter Glasstab dient zur beliebigen Unterbrechung des Luftstromes. Bei der Einfüllung des Oeles werden alle Stöpsel vom Gefäß a entfernt. Die Füllung geschieht durch das weite Rohr zunächst bis auf einen Theilstrich zwischen 0 und 10, beispielsweise bis 5, alsdann werden die mit Oel be-

Digitized by Google

netzten Glasstöpsel auf die Schenkel f und g gesetzt. Das mittlere Rohr wird nun bis auf einen um 33 mm höheren Theilstrich mit dem Oel gefüllt und hierauf der Stöpsel des linken Schenkels geöffnet, worauf man durch Neigen des Apparates das Oel bis zum Theilstrich 38 in diesem Schenkel ansteigen läßt und den Stöpsel wieder schließt. Alsdann wird das innere Batterieglas bis zu $^2/_3$ voll Aether gegossen und mit dem Durchsaugen von trockener Luft begonnen. Wenn nach 10 bis 15 Minuten — 5 C° (der in den Lieferungsbedingungen verlangte Kältepunkt ist auf 4° festgesetzt) erreicht ist, wird durch Regelung des Luftstromes die Aetherwärme so lange aufgehalten, bis das Thermometer im Oel — 4° anzeigt. Ist dieser Punkt erreicht, so beträgt der Höhenunterschied in den beiden seitlichen Schenkeln 30 mm (anstatt 33 mm im Anfang, eine Folge der Zusammenziehung des Oels). Jetzt werden die beiden Stöpsel an den äußeren Schenkeln entfernt, zuerst der des linken Schenkels, dann wird festgestellt, ob und bei welchem Wärmegrade das Oel im rechten Schenkel um einen Millimeter steigt. Zur Kontrole beziehentlich zur endlichen Festlegung des Kältepunktes dient ein zweiter Versuch, bei welchem das Oel nur 1 bis 2° unter dem beim ersten Versuch gefundenen Kältepunkt abgekühlt wurde. Als Saugvorrichtung wurde ebenso wie bei Apparat I eine Wasserluftpumpe mit Rückschlagventil benutzt. In das äußere Batterieglas wurden Stückchen von Chlorcalcium geworfen.

Tab. 3 zeigt, daß der Apparat bei verschiedenen mit den gleichen Oelen wiederholten Versuchen nur wenig von einander abweichende Ergebnisse lieferte. Die Uebereinstimmung wird dadurch bedingt, daß das Oel im Aufsteigerohr und im mittleren Gefäß bis zur Höhe der Quecksilberkugel bei jedem Versuch in gleichmäßiger Weise von dem umgebenden Aether langsam und stetig erwärmt wird.

Die schließlich über dem Aether befindliche Drucksäule hat zwar einen andern Wärmegrad, als die eigentliche Oelmasse, aber dieser Umstand fällt weniger ins Gewicht, weil der Wärmezustand der inneren Theile wegen der umgebenden und für sich abgeschlossenen Lufthülle bei den gleichartigen Versuchen immer nahezu der gleiche sein wird. Zu beachten ist allerdings, daß die verschiedenen Oele in Wirklichkeit unter verschiedenen Druckhöhen zum Fließen gebracht, also auch insofern nicht gleichartig behandelt werden. Je nach dem Erstarrungszustande der Oelsäule von 30 mm Höhe ist ihr wirksamer Druck verschieden, da der Antheil der Reibung an den Glaswänden sich mit dem Zustande des Oeles ändert. Dieser letzte Umstand kann durch Anwendung eines Luftdruckes von etwa 28 mm Wassersäule leicht beseitigt werden.

Die Versuchsergebnisse zeigen in ziemlich gleicher Weise wie bei Apparat II, daß die Bestimmung des Fließpunktes nur durch eine größere Reihe von Versuchen erreichbar ist, wobei man den Grad der Abkühlung immer mehr dem wahren Fließpunkte des Oeles annähern muß. Wenn er auch wegen seiner besseren Anordnung unter gleichen Verhältnissen im Allgemeinen besser übereinstimmende Ergebnisse liefert, so ist doch die Handhabung des Apparates III, namentlich wegen des eigenthümlichen Baues der Thermometer, umständlich und die Beobachtung langwierig und ermüdend. In einer Stunde lassen sich auch nur höchstens 2 bis 3 Oele prüfen. Die Kosten stellen sich etwa auf gleiche Höhe, wie bei Apparat I. Ueber die Vorzüge und Nachtheile der Aetherkühlung ist bereits früher gesprochen. Wenn der Apparat III auch besser vergleichbare Ergebnisse liefert, so ist für die praktische Benutzung bei laufenden Prüfungen doch zu berücksichtigen, daß er unbequem und leicht zerbrechlich ist.

Digitized by Google

Die Prüfung der Thermometer ergab:

für Thermometer b den Eispunkt bei + 0,3 °

für Thermometer c den Eispunkt bei + 0,5 °

Die Thermometer waren hierbei bis 3 cm unter der Theilung in Eis gesteckt.

Tabelle 3. **Vergleich zwischen Methode 3 und 6.**

Die Wärmeangaben sind die unverbesserten Ablesungen am Thermometer b. Fig. 4.

Laufende Nr.	Zeichen und Herkunft d. Proben	Ergebnisse der Methode 3. (Apparat III, Fig. 4.) Vorgang	Versuch 1. C°	Versuch 2. C°	Versuch 3. C°	Versuch 4. C°	Ergebnisse d. Methode 6, (Appar. VI, Fig. 13, 14.) Kältegrad K-C°	Versuch 1. Zustand des Oeles	Versuch 2. Zustand des Oeles	Versuch 3. Zustand des Oeles
1.	I 22. russisch	Abgekühlt bis	— 10	— 10	— 9	—	— 5	fließend	fließend	fließend
		Beginn des Fließens	— 9	— 8,5	— 7,5	—	— 8,5	nicht fließend	nicht fließend	nicht fließend
2.	I 23. russisch	Abgekühlt bis	— 10	— 10	— 8,5	—	— 5	fließend	fließend	fließend
		Beginn des Fließens	— 8,5	— 8,5	— 8	—	— 8,5	nicht fließend	nicht fließend	nicht fließend
3.	I U schottisch	Abgekühlt bis	— 4	— 4	— 4	—	0	nicht fließend	nicht fließend	nicht fließend
		Beginn des Fließens	— 2,5	— 2	— 2	—	—	—	—	—
4.	I 13. schottisch	Abgekühlt bis	— 4	— 2	— 1	—	0	fließend	fließend	fließend
		Beginn des Fließens	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,6	—	— 3	nicht fließend	nicht fließend	nicht fließend
5.	I N russisch	Abgekühlt bis	— 4	— 1,5	0	—	0	fließend	fließend	fließend
		Beginn des Fließens	+ 1,5	+ 1,7	+ 1,8	—	— 5	nicht fließend	nicht fließend	nicht fließend
6.	I 16. unbekannt	Abgekühlt bis	— 4	0	+ 4	+ 4,3	0	nicht fließend	nicht fließend	nicht fließend
		Beginn des Fließens	+ 6,5	+ 6,5	+ 6,3	+ 6,2	—	—	—	—
7.	46 a. deutsch	Abgekühlt bis	— 4	+ 3	+ 5	—	0	nicht fließend	nicht fließend	nicht fließend
		Beginn des Fließens	+ 11	+ 10	+ 10,7	—	—	—	—	—

Apparat IV. (Tabelle 4. Fig. 5 bis 11.)

a) Erste Versuchsreihe.

Die Veranlassung, diese erste Versuchsreihe im Vergleich zu den vorbesprochenen Methoden auszuführen, wurde dadurch gegeben, daß die letzteren zu umständlich erschienen und auch die Kühldauer entschieden zu kurz bemessen war, um den unveränderlichen Zustand des Oeles zuverlässig zu erreichen, was durchaus nothwendig ist, wenn die Methode sicher ausführbar sein und vergleichbare Ergebnisse liefern soll.

Die Probe wurde in einem U-förmigen Glasrohr von etwa 6 mm lichter Weite in die von der Versuchsanstalt benutzten Kältelösungen getaucht und nach einstündigem Verweilen einem Luftdrucke von 30 mm Wassersäule ausgesetzt, worauf nach Verlauf von 1 Minute festgestellt wurde, ob ein Ansteigen um mindestens 5 mm eingetreten war oder nicht.

Bei diesen ersten Versuchen war es nicht möglich, alle nothwendigen Vorsichtsmaßregeln für die Erzielung völlig gleicher Versuchsbedingungen zu treffen, weil die zur Verfügung stehende Zeit außerordentlich knapp bemessen war. Nichtsdestoweniger stimmten die Versuchsergebnisse unter einander sehr gut überein. Man durfte ohne Weiteres dies Ergebniß erwarten, wenn man Röhrchen von gleicher Gestalt und gleichen Maßen verwendete, die aufgefüllte Oelmenge stets gleich groß nahm, die Kühldauer hinreichend lang machte und den gleichen Luftdruck anwendete. Für die Kühldauer wurden 30 bis

Digitized by Google

45 Minuten als ausreichend erachtet. Diese Umstände konnten bei den ersten Versuchen nicht immer innegehalten werden. Der Luftdruck von 30 mm wurde in einer Mariotteschen Flasche (Fig. 5) erzeugt. Gleichzeitig wurden etwa 6—10 Proben in einem Gefäß abgekühlt, indem man die Gläschen so tief in die Kältelösung eintauchte, daß die Oeloberfläche etwa 1 cm unter der Oberfläche der Salzlösung stand.

b) Zweite Versuchsreihe.

Der Umstand, daß die erste Reihe zu sehr in der Eile ausgeführt war und später die Eisenbahnverwaltung die Absicht bekundete, diese oder eine ähnliche Methode als Grundlage für die Lieferungsbedingungen für Schmieröl vorzuschreiben, haben die Fortführung der Versuche veranlaßt, welche nunmehr auch hauptsächlich dahin gerichtet wurden, die zur Verwendung kommenden Apparate zu vervollkommnen.

Zunächst wurden für die zu verwendenden U-Röhrchen bestimmte Abmessungen gewählt, wie sie in Fig. 6 angegeben sind. Ferner hatte sich schon bei früheren Versuchen, bei denen man einen lange andauernden gleichbleibenden Luftdruck anwenden mußte, herausgestellt, daß sich hierfür die in Fig. 5 dargestellte Mariottesche Flasche nicht recht eignete. Wenn nämlich während des Versuches aus irgend welchem Grunde die Wärme der in den Kugeln a und b eingeschlossenen Luft steigt, so treibt sie das Wasser in das Trichterrohr c, und die maßgebende Wassersäulenhöhe ist nicht mehr der Höhenunterschied zwischen der Mündung des Trichterrohres und derjenigen am Rohr d, sondern der um den Wasserstand in c vergrößerte Unterschied. Außerdem ist noch der zur Ueberwindung der Oberflächenspannung an der Kuppe auf Rohr d und der Luftblase am Rohr c nothwendige Druck eine Fehlerquelle, über deren Größe sich nicht Jedermann ohne Weiteres Rechenschaft geben kann. Dieser Fehler macht sich aber bei der geringen Druckhöhe von 30 mm schon recht deutlich bemerkbar. Man wird daher in der Praxis immer gut thun, welchen Druckerzeuger man auch verwenden möge, unmittelbar in die Druckluftleitung ein einfaches Wassermanometer einzuschalten und hiernach den Druck auf 30 mm Wassersäule zu regeln.

Der in Fig. 7 dargestellte Apparat hat die vorhin gerügten Uebelstände in weit geringerem Maße (es bleiben nur noch die Oberflächenspannungen an der Mündung c) und ist außerdem so einfach, daß er für die Praxis brauchbar sein wird. Er besteht aus einem Zinkgefäß a mit Lufthahn e, Wasserhahn f und dem Aufsatz b. In der Mitte der Scheidewand zwischen a und b ist bei c ein feines Loch (schwach 1 mm) und neben diesem eine Spitze d angebracht, bis zu welcher das Wasser aufgefüllt werden muß, damit in einem mit e verbundenen Wassermanometer der Druck von 30 mm Höhe angezeigt wird. Das Wasser dringt bei abnehmendem Drucke in Tropfen in das Gefäß ein. Bei steigendem Drucke (durch Wärmeänderungen im Apparat) entweicht die Luft in Blasen. Da man bei geschicktem Arbeiten bei der hier zu behandelnden Prüfungsmethode nur äußerst wenig Luft verbraucht, so ist es bei etwa 120 mm Durchmesser von b ausreichend, durch gelegentliches Nachfüllen den Wasserstand so zu erhalten, daß die Wasseroberfläche auf die Spitze von d einspielt. Will man ein Uebriges thun, so kann man dafür sorgen, daß bei g beständig Wasser zu- und das nicht verbrauchte Wasser durch den bekannten mehrfach gebogenen Heber h wieder abfließt; hierdurch erhält man den Wasserstand in b leicht auf gleicher Höhe.

Digitized by Google

Auch aus zwei Flaschen (Fig. 8) a und b läßt sich ein ebenso wirkender Druckerzeuger herstellen, indem man von b den Boden absprengt und beide Flaschen mittelst eines Gummistopfens durch das etwa 10 mm weite Rohr c verbindet, welches oben in ein enges Loch ausmündet. Durch den Gummistopfen reicht das zweite Rohr d bis in die Flasche a und führt die Druckluft durch das Doppelrohr e zum Wassermanometer f und zum Probegläschen g, wenn der Quetschhahn h geöffnet ist.

Endlich läßt sich zur Erzeugung eines gleichbleibenden Luftdruckes auch die in Fig. 9 gezeichnete Anordnung benutzen.

Mit dem Luftraum des als bekannt vorauszusetzenden Gasometers a ist durch Doppelrohr b ein unten gekrümmtes und in eine stumpfe Spitze (vergl. Fig. 10) ausgezogenes Glasrohr d verbunden, welches in eine Flüssigkeit, am besten Sicherheitsöl, taucht.*) Durch ein zweites Doppelrohr c ist der Luftraum des Gasometers zugleich mit dem Wassermanometer e und dem Probegläschen f in Verbindung, sobald der Quetschhahn h geöffnet wird. Der Luftzutritt zu d wird durch einen Schraubenquetschhahn g so geregelt, daß die Luft in Blasen aus der Spitze von d ausströmt. Alsdann kann man durch Veränderung der Eintauchtiefe von d in das Glas i den Luftdruck sehr leicht und bequem auf jede erreichbare Manometerablesung d. i. auch auf 30 mm einstellen. Durch die jedesmalige Ueberwindung der Oberflächenspannung beim Ablösen der Blasen von der Mündung des Rohres d werden allerdings ganz geringe Schwankungen am Manometer e erzeugt, indessen sind sie kleiner als 1 mm. Wärmeänderungen haben keinen in Rücksicht zu ziehenden Einfluß auf den Druck.

Eine noch bequemere Form des Apparates erhält man, wenn man an Stelle des Gasometers eine Wasserstrahlpumpe verwenden kann, wie dies in der Versuchsanstalt geschieht. Der Apparat ist dann stets auf beliebig lange Zeit zur Hand, und man kann ohne große Umstände die Druckhöhe verändern.

Für die praktische Ausführung von vielen Prüfungen ist es nothwendig, Vorkehrung zu treffen, daß gleichzeitig eine größere Zahl von Proben untersucht werden kann. Zu dem Zwecke habe ich für das Laboratorium der Versuchsanstalt das in Fig. 11 abgebildete Gestell zur Aufnahme von 8 bis 10 Probengläsern entworfen und ausführen lassen. In das Gefäß a zur Aufnahme der Kältelösung wird der Ständer b gestellt, welcher den mittelst des Rohres d beweglich aufgeschobenen und mit Schraube f feststellbaren Halter trägt. Die Gläser h werden nun von der mit dem Rohr d verlötheten Platte c getragen und von den Klemmfedern g in ihrer Lage erhalten. Die Klemmfedern aus hartem Messingblech sind in den mit dem Rohr d verschraubten Körper e eingelöthet. Das ganze Gestell ist vernickelt, ebenso der Zinkbecher a, damit den Salzlösungen ein besserer Widerstand geleistet wird. Das Gestell ist um den Ständer leicht drehbar und kann also nöthigenfalls zugleich als Rührwerk für die Salzlösung**) benutzt werden. Das Gefäß a wird in einen größeren irdenen Topf gesetzt, welcher mit einer Kältemischung aus Eis und Viehsalz gefüllt ist, Fig. 8 und 9.

Die in Tab. 4 mitgetheilten Versuchsergebnisse lassen eine ziemlich gute Uebereinstimmung der beiden verglichenen Methoden erkennen. Nichtübereinstimmung ist nur

*) Diese Einrichtung ist von A. Paulsen in „Den tekniske Forenings Tidsskrift" 1888/89 mitgetheilt worden.

**) Für den Leser, welchem die früheren Veröffentlichungen über diesen Gegenstand (vergl. „Mit-

Digitized by Google

bei den Oelen I 22 u. 23 gefunden worden, deren Erstarrungspunkte gerade bei — 8° zu liegen scheinen. Es ist möglich, daß bei den beiden Versuchsreihen nicht ganz gleiche Bedingungen herrschten, wie schon zu Anfang bemerkt worden ist. Es ist aber auch nicht ausgeschlossen, daß die Ergebnisse beider Methoden dann nicht völlig übereinstimmend ausfallen, wenn der Kältepunkt des Oeles gerade mit dem Gefrierpunkt der Salzlösung zusammenfällt; dies ist darin begründet, daß die Mineralöle nicht sofort in den starren Zustand übergehen. Leider ist es für die praktische Durchführung nicht wohl angängig, bei dieser Methode den angewendeten Kältepunkt d. h. die Natur der Salzlösungen so zu verändern oder so viel verschiedene Salzlösungen vorräthig zu halten, daß man in jedem Falle bis gerade auf den wahren Kältepunkt des untersuchten Oeles gehen kann. Man wird es vielmehr wohl dabei bewenden lassen müssen, ebenso wie die Versuchsanstalt es gethan, Salzlösungen zu verwenden, deren Sättigungspunkte einer Stufenfolge von etwa je 3° entsprechen. Feinere Unterschiede würde man alsdann nöthigenfalles dadurch zu bestimmen suchen, daß man den Luftdruck, der das Oel zum Fließen bringen soll, bei den beiden Grenzpunkten so verändert, daß das Oel bei dem, dem wahren Kältepunkt nächst niederen und nächst höheren Kältegrade mit gleicher Geschwindigkeit zum Fließen kommt. Daß bei einem solchen Vorgehen eine gewisse Uebersicht gewonnen werden kann, dürfte aus Tab. 4 und 4a erkannt werden können. Die Rohrweite scheint innerhalb der versuchten Grenzen nur einen sehr geringen Einfluß auszuüben, wie sich aus dem Vergleich unter Versuchsreihe 2 besonders bei Oel I 23 ergiebt.

Die Methode 4 hat vor den Methoden 2 und 3 den Vorzug, daß der zur Wirkung kommende Druck für alle Oele der gleiche ist, daß ferner die lange Kühldauer die Erzeugung eines gleichbleibenden Zustandes gewährleistet und die Benutzung des Schmelzpunktes als Kennzeichen für den Kältepunkt des Oeles vermieden ist. Außerdem ist die Handhabung des Apparates einfacher, seine einzelnen Theile sind leichter zu ergänzen und weniger zerbrechlich als diejenigen von Apparat II und III.

Auf einen Umstand möchte ich nicht unterlassen hier aufmerksam zu machen, nämlich darauf, daß die deutschen Mineralöle, so wie sie bislang zum Schmieren von Eisenbahnfahrzeugen angeboten und verwendet zu werden pflegten, den neuen Anforderungen an die Kältebeständigkeit nicht gewachsen sind. Wenn es nicht gelingen wird, den Kältepunkt dieser Oele durch geeignete Zusätze zu erniedrigen, so würden sie schließlich von den Lieferungen für die heimischen Verkehrsanstalten ausgeschlossen sein. Mit Rücksicht darauf, daß diese Oele früher von vielen Bahnverwaltungen mit Erfolg verwendet

---

theilungen" 1889 S. 26) unbekannt sind, sei hier bemerkt, daß folgende Salzlösungen zur Anwendung kommen:

Zur Erzeugung von	Zur Erzeugung oder nahezu	Name des Kälteübertragers	Theile Salz in 100 Theilen Wasser
0	0	Destillirtes Wasser	—
— 2,85	— 3	Lösung von Kaliumnitrat	13
— 5,0	— 5	„ „ Kaliumnitrat und Kochsalz	3,3
— 8,7	— 9	„ „ Chlorbarium	35,8
— 15,4	— 15	„ „ Chlorammonium . . .	25

Digitized by Google

Tabelle 4. **Vergleich zwischen Methode 4 und 6.**

Druckhöhe 30 mm Wassersäule.

Laufende Nr.	Zeichen und Herkunft der Probe	Ergebnisse der Methode 4 (Apparat IV, Fig. 5 bis 11)				Ergebniß d. Methode 6 (Apparat VI, Fig. 13)		Bemerkungen
		Kältegrad k=C°	Versuchsreihe 1	Versuchsreihe 2		Kältegrad k=C°	Versuch z. Reihe 1	
			Rohrweite 6 mm	Rohrweite 6 mm	Rohrweite 5 mm			
			Zustand d. Oeles	Zustand d. Oeles	Zustand d. Oeles		Zustand des Oeles	
1	I 22 russisch	−10,8 bis −11	—	nicht fließd. (nur etwa 2 mm/min.	nicht fließd. (nur etwa 2 mm/min.			
			—	desgl.	desgl.			
			—	nicht fließend	desgl.			
		−8 bis −8,2	nicht fließend	fließt 20 bis 30 mm/min.	fließt 20 bis 30 mm/min.	−8	nicht fließend	
			desgl.	desgl.	desgl.			
			desgl.	desgl.	desgl.			
			—	—	desgl.*)			*) Das Oel wurde 2 St. lang abgekühlt.
			—	—	desgl.*)			
		−5	fließend	—	—	−5	fließend	
			desgl.	—	—			
			desgl.	—	—			
2	I 23 russisch	−10,8 bis −11	—	nicht fließend	nicht fließend*)			*) Bei 40 bis 45 mm Wasserdruckhöhe fließend.
			—	desgl.	desgl.*)			
			—	desgl.	desgl.*)			
		−8 bis −8,2	nicht fließend	fließt 20 bis 30 mm/min.*)	nicht fließd. (nur etwa 1 mm/min.	−8	nicht fließend	*) Das Oel wurde 2 Stund. abgekühlt.
			desgl.	desgl.*)	desgl.			
			desgl.	desgl.*)	desgl.			
		−5	fließend	—	—	−5	fließend	
			desgl.	—	—			
			desgl.	—	—			
3	I 13 schottisch	−2,8 bis −3	nicht fließend	nicht fließend	—	−3	nicht fließend	
			desgl.	desgl.	—			
			desgl.	desgl.	—			
		0	fließend	fließt 20 bis 30 mm/min.	fließt 20 bis 30 mm/min.	0	fließend	
			desgl.	desgl.	desgl.			
			desgl.	desgl.	desgl.			
4	I u schottisch	0	nicht fließend	fließt 20 bis 30 mm/min.	fließt 6 mm/min.	0	nicht fließend	
			desgl.	desgl.	desgl.			
			desgl.	desgl.	—			
			—	desgl.*)	—			*) Das Oel wurde 2 Stund. abgekühlt.
			—	desgl.*)	—			
			—	desgl.*)	—			
5	I 30 russisch	0	nicht fließend	nicht fließend	—	0	nicht fließend	
			desgl.	desgl.	—			
			desgl.	desgl.	—			

Digitized by Google

Tabelle 4a. **Vergleich zwischen Methode 4 und 6.**

Deutsche Mineralöle. Rohrweite für Methode 4 = 6 mm.

Laufende Nr.	Zeichen und Herkunft der Probe	Ergebnisse der Methode 4 bei einer Druckhöhe von mm						Ergebnisse der Methode 6.		Bemerkungen
		Kältegrad k-C°	30	60	120	180	300	Kältegrad k=C°	Zustand des Oeles	
			fließt mm/min							
	Elsässer Oele									
1.	34a	0	0	0	0	0	0	0	nicht fließend	
			—	—	—	0	0	—		
2.	I 78	0	0	0	0	0	0	0	desgl.	
			—	—	—	0	0	—		
3.	I 80	0	0	0	0	0	0	0	desgl.	
			—	—	—	0	0	—		
4.	34b	0	0	0	0	0	7	0	desgl.	
			—	—	3	4	9	—		
	Peiner Oele									
5.	I 59	0	0	—	0	0	0	0	desgl.	
			—	—	—	—	0	—		
6.	I 61	0	0	0	0	0	0	0	desgl.	
			—	—	0	—	0	—		
7.	46a	0	0	0	0	0	0	0	desgl.	
			—	—	—	0	0	—		
8.	46c	0	0	0	0	0	0	0	desgl.	
			—	—	—	0	0	—		
9.	46d	0	0	0	0	0	0	0	desgl.	
			—	—	—	0	0	—		
10.	46b	0	0	0	0	0	0	0	desgl.	
			0	—	3	—	0	—		
			—	—	0	—	—	—		
11.	31b	0	4	—	0	0	über40	—5	nicht fließend	
			0	—	0	0	über40	0	fließend	
			0	—	—	—	—	—		
12.	31c	0	0	15	schnell	—	—	0	nicht fließend	
			—	0	5	—	—	—		
			—	0	3	—	—	—		
13.	31d	0	4	0	10	30	über40	0	desgl.	
			0	0	7	40	über40	—		
			0	—	—	20	—	—		
14.	31a	0	0	0	0	über40	—	0	desgl.	
			—	—	0	50	—	—		
			—	—	—	5	—	—		
15.	31e	0	0	0	0	über40	—	0	desgl.	
			0	—	0	über40	—	—		
16.	I 62	0	0	2	15	—	—	0	desgl.	
			—	1	über40	—	—	—		
			—	—	über40	—	—	—		
17.	I 60	0	0	5	8	—	—	0	desgl.	
			0	7	über40	—	—	—		
			—	—	über40	—	—	—		
18.	I 63	0	0	2	40	—	—	0	desgl.	
			—	4	25	—	—	—		
			—	—	25	—	—	—		
19.	51a	0	0	2	25	—	—	—3	nicht fließend	
			2	25	40	—	—	0	fließend	
			—	16	—	—	—	—		
20.	51b	0	4	17	6	—	—	—3	nicht fließend	
			2	20	40	—	—	0	fließend	
			—	16	—	—	—	—		

Digitized by Google

worden sind, schien es mir wünschenswerth, das Verhalten derjenigen deutschen Oele, welche zur Hand waren, mittelst der vorhin besprochenen neuen Methode 4 eingehend zu prüfen. Hierbei wurden die Versuche zugleich derart angeordnet, daß die Druckhöhe in bestimmten Stufen von 30 mm bis zu 300 mm wuchs und die hierbei in der ersten Minute erreichte Steigehöhe angegeben wurde. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Tabelle 4a niedergelegt, welche so angeordnet ist, daß die Oele mit hochliegendem Kältepunkt d. h. diejenigen, welche am schwersten flossen, obenan stehen. Man erkennt aus der Tabelle, daß, obwohl der Uebergang vom flüssigen zum festen Zustand allmählich stattfindet, durch die Anwendung verschiedener Druckhöhen noch Unterschiede gemacht werden können, welche weder bei 30 mm Druckhöhe noch durch die Methode 6 erkannt werden können. Wenn auch die Uebereinstimmung der wiederholten Versuche bei den Oelen, welche nahe bei ihrem wahren Kältepunkt geprüft wurden, keine ganz scharfe ist, so zeigt sich doch, daß man bei Ausführung von systematisch angeordneten Versuchsreihen durch Methode 4 sich einen sehr klaren Ueberblick über das Kälteverhalten der Oele verschaffen kann. Die geprüften deutschen Oele zeigen in der That sich den heutigen Forderungen nicht gewachsen.

Apparat V. (Tabelle 5 Fig. 12.)

Das Oel wird in einem zylindrischen Porzellantiegel in einer Kältemischung abgekühlt, mit dem Thermometer gerührt und der Erstarrungszustand beschrieben.

Der Apparat ist äußerst einfach. Er besteht aus einem zylindrischen Porzellantiegel a von 40 mm Durchmesser und 40 mm Höhe, in welchem die Oelprobe in die im irdenen Topf b befindliche Kältemischung aus Eis und Viehsalz gesetzt wird. Die Probe wird alsdann mit dem Thermometer fortwährend gerührt und als Kältepunkt diejenige Ablesung des Thermometers angegeben, bei welcher das Oel den flüssigen Zustand aufgiebt und in den salbenartigen übergeht. Ganz abgesehen davon, daß dieser Zustand überhaupt nicht scharf definirbar ist, ist schon der Umstand, daß die Uebergänge vom flüssigen zum festen Zustande sich bei den verschiedenen Oelen ganz verschieden zu erkennen geben, hinreichend, diese Methode als wenig brauchbar erscheinen zu lassen. Wie bekannt und von der Versuchsanstalt mehrfach nachgewiesen, werden durch das Rühren in Verbindung mit der ungenügenden Kühldauer namentlich diejenigen Oele übermäßig begünstigt, welche paraffinhaltig sind. Die Handhabung des Apparates bringt andere Unzuträglichkeiten, die schwer vermeidbar erscheinen, z. B. die, daß die an den Wänden sich ansetzende Kruste kälterer, zum Theil erstarrter Oelmasse nicht gleichmäßig beim Rühren mit dem Thermometer entfernt wird und daher der Wärmezustand der Masse nicht gleichmäßig sein kann; daß die beim Ausheben mit dem Thermometer an die Luft kommende Masse der Luftwärme zu sehr ausgesetzt wird, so daß man keine Sicherheit hat, ob nicht hierdurch das Versuchsergebniß getrübt worden ist; daß der Tiegel in dem Eisgemisch nicht fest steht und Verunreinigung des Oeles mit Kältemischung bei ungeschickter Versuchsausführung nicht ausgeschlossen ist. Es ist also in sich keine Aussicht vorhanden, daß bei dieser Methode der Einfluß der persönlichen Neigung des Beobachters völlig ausgeschlossen werden kann, und man sollte deswegen von ihrer Anwendung unter allen Umständen Abstand nehmen.

Digitized by Google

Tabelle 5. **Vergleich zwischen Methode 5 und 6.**

Lfd. Nr.	Zeichen und Herkunft der Probe	Ergebnisse der Methode 5 (Apparat V, Fig. 12)						Ergebnisse d. Methode 6	
		Versuch 1		Versuch 2		Versuch 3		fließend bei C°	nicht fließend bei C°
		Kältegrad C°	Zustand des Oeles	Kältegrad C°	Zustand des Oeles	Kältegrad C°	Zustand des Oeles		
1.	I 24 russisch	15	nicht salbenartig	15	nicht salbenartig	—	—	—10	—
2.	I 22 russisch	15	desgl.	15	desgl.	—	—	—5	—8
3.	I 23 russisch	15	desgl.	15	desgl.	—	—	—5	—8
4.	I 13 schottisch	0	salbenartig	5	salbenartig	4	salbenartig	0	—3
5.	I U schottisch	1	desgl.	9	desgl.	5	desgl.	—	0
6.	46a deutsch	8	desgl.	5	desgl.	4	desgl.	—	0

Apparat VI. (Tabelle 1—5. Fig. 13 und 14.)

Die Oelprobe wird in einem Reagensglase von 15 mm Weite mindestens eine Stunde lang und ohne Erschütterung (bei Mineralölen) einem gleichbleibenden Kältegrade ausgesetzt. Die Thatsache, daß beim plötzlichen Neigen des Gläschens das Oel noch fließt oder nicht, dient als Anhalt für die Bestimmung des Kältepunktes.

Die Beschreibung der Methode ist größtentheils im Voraufgehenden und in den mehrfach erwähnten früheren Veröffentlichungen schon gegeben. Hier braucht nur noch im Anschluß an Fig. 13 und 14 eine Darstellung des Halters für die Gläschen gegeben zu werden, welchen ich für die Versuchsanstalt entwarf und anfertigen ließ. Die Reagensgläser haben unten eine ringförmige mit weißer Farbe ausgelegte Strichmarke, bis zu welcher das Oel aufgefüllt wird. Sie werden zu 8 bis 10 in ein Gestell gestellt, welches in die Salzlösung im Gefäß a aus vernickeltem Zinkblech gesetzt wird. Der Ständer c trägt, ähnlich wie bei Apparat IV beschrieben, an dem Rohr d eine Scheibe, auf welche sich die Gläser aufsetzen, zwei Ringreihen g, welche sie halten, Federn h zum Andrücken für jedes Gläschen und in dem dickeren Theil e die Klemmschraube f. Das Gefäß a steht, wie früher, in der Kältemischung aus Eis und Kochsalz im irdenen Gefäß b.

Diese Methode hat sich in der Versuchsanstalt bisher immer sehr gut bewährt, sie gab bislang auch bei oft wiederholten Versuchen übereinstimmende Ergebnisse und ist außerordentlich leicht und einfach durchzuführen, wenn man sich die immer wieder zu benutzenden Salzlösungen für das Gefäß a einmal bereitet hat. Man kann den gewünschten Kältegrad mit Hülfe der passenden Salzlösung viele Stunden lang auf gleicher Höhe erhalten, wenn man von Zeit zu Zeit etwas rührt, was auch hier durch vorsichtiges Bewegen des Gestelles um den Ständer c geschehen kann. Unter Beachtung dessen, was in dem Bericht über Schmierölunterſuchungen „Mittheilungen“ 1889. Ergänzungsheft V, Seite 12, gesagt worden ist, kann man für den Uebergang des Oeles in den festen Zustand leicht noch Unterscheidungen treffen, indem man die

Digitized by Google

folgenden Ausdrücke zur Anwendung bringt: „schwer fließend, fadenziehend, dünnsalbig, dicksalbig, schmalzartig, butterartig, talgartig", von denen die beiden ersteren für den noch flüssigen, die folgenden für den Uebergang in den festen Zustand gebraucht werden. Einen Anhalt für die gleichmäßige Beurtheilung gewinnt man, wenn man folgende Unterscheidungsmerkmale benutzt. Fließt das Oel nicht mehr, so senkt man, nachdem es sofort in die Kältelösung zurück versetzt ist, einen Glasstab ein und prüft es mit diesem nach etwa $^1/_4$ Stunde auf seine Beschaffenheit. Ist es dann noch leicht beweglich, so ist es als „dünnsalbig" zu bezeichnen; der Stab soll sich noch herausziehen lassen, ohne das Reagensglas mit zu heben. Läßt sich der Stab schwer bewegen und wird das Glas beim Herausnehmen mitgehoben, so ist das Oel als „dicksalbig" zu bezeichnen.

Es ist mehrfach bemerkt worden und liegt auch wohl auf der Hand, daß die Weite der Gefäße eine Rolle bei dem Verhalten des in der Erstarrung begriffenen oder eben erstarrten Oeles spielt. Beachtet man, daß die Uebereinstimmung zwischen Methode 4 und 6 im Großen und Ganzen eine befriedigende war, so kann man wohl annehmen, daß bei ausreichender Kühldauer geringe Unterschiede in den Gefäßweiten für praktische Zwecke außer Acht gelassen werden können. Indessen hielt ich es doch für nothwendig, noch besondere Versuche mit weiteren Gefäßen hier mitzutheilen; sie lieferten folgende Ergebnisse.

Tabelle 6. **Einfluß der Gefäßweite bei Methode 6.**

Kältegrad 0 C°

Lfd. No.	Zeichen und Herkunft der Probe.	Zustand des Oeles.		Bemerkungen.
		Glasweite 15 mm Auffüllhöhe 30 mm	Glasweite 23 mm Auffüllhöhe 30 mm	
1	I 1 unbekannt (Cylinderöl)	nicht fließend.	nicht fließend	Auch bei 60 mm Auffüllhöhe und 15 mm Glasweite nicht fließend.
2.	I 14 amerikanisch	desgl.	desgl.	desgl.
3.	I 16 russisch (Cylinderöl)	desgl.	desgl.	desgl.
4.	I 68 deutsch	desgl.	langsam fließend.	desgl.
5.	I 63 (wiederholt)	2 Vers. desgl.	1 sehr schwer fließend. 4 Vers. nicht fließend.*)	*) Nach sehr kurzer Zeit fließend. Im Becherglas schwer fließend.
6.	I R amerikanisch	desgl.	nicht fließend.	Auch bei 60 mm Auffüllhöhe und 15 mm Glasweite nicht fließend.
7.	I 30 russisch	2 Vers. desgl.	2 Vers. desgl.	—
8.	I U schottisch	2 Vers. desgl.	2 Vers. desgl.	—
9.	I 13 schottisch	2 Vers. desgl.*)	2 Vers. desgl.	*) Im Uebergangszustand; fließt im U-Rohr bei 30 mm Druck; im Becherglas leicht fließend.
10.	I 60 deutsch	2 Vers. desgl.	1 Vers. desgl.	—
11.	31 c deutsch	2 Vers. desgl.	1 Vers. desgl.	Im Becherglas schwer fließend.

Digitized by Google

Noch: Tabelle 6. **Einfluß der Gefäßweite bei Methode 6.**
Kältegrad 0 C°

Lfd. No.	Zeichen und Herkunft der Probe.	Zustand des Oeles. Glasweite 15 mm Auffüllhöhe 30 mm	Zustand des Oeles. Glasweite 23 mm Auffüllhöhe 30 mm	Bemerkungen.
12.	51 a deutsch	2 Verf. nicht fließend	1 Verf. nicht fließend	Im Becherglas fließend.
13.	51 b deutsch	2 Verf. desgl.	3 Verf. sehr schwer fließend*)	*) In 1 Sekunde nicht fließend. Im Becherglas fließend.
		Kältegrad — 8 bis — 8,2 C°		
14.	I 22 russisch	1 Verf. sehr schwer fließend. 2 Verf. nicht fließend	2 Verf. fließend.	
15	I 23 russisch	1 Verf. fließend. 2 Verf. nicht fließend	2 Verf. desgl.	

Bemerkung: Das Becherglas hatte 50 mm Weite. Das Oel wurde bei 30 mm Auffüllhöhe 2 Stunden dem Kältebade ausgesetzt.

Neuerdings während der Drucklegung der Arbeit angestellte Versuche mit weiten Gefäßen und noch längerer Kühldauer lieferten die nachstehenden Ergebnisse:

Tabelle 6a. **Einfluß der Gefäßweite bei Methode 6.**

Laufende Nr.	Zeichen der Probe und Herkunft	Kältegrad	Zustand des Oeles im Becherglas von 50 mm Weite, Auffüllhöhe 30 mm. Kühldauer: 2 Stunden	3 Stunden	1 Tag	8 Literkolben, Auffüllhöhe 60 mm. Kühldauer: 8 Tage
1	I 13 schottisch	0	leicht fließend	leicht fließend	leicht fließend	—
2	31 c deutsch	0	schwer fließend	schwer fließend	nicht fließend	—
3	51 a deutsch	0	fließend	fließend	nicht fließend	fließend
4	I 63 deutsch	0	schwer fließend	fließend	sehr schwer fließend	fließend
5	51 b deutsch	0	fließend	leicht fließend	fließend	—
6	I 22 russ.	—10	schwer fließend	—	—	—
7	I 23 russ.	—10	schwer fließend	—	—	—

Die Oele Nr. 1 und Nr. 4 dieser Tabelle lassen den Einfluß der Gefäßweite in bemerkenswerther Weise erkennen, indem sie selbst bei eintägigem Abkühlen im Becherglase noch fließend, dagegen im Reagensglase schon nach $1^1/_4$ stündiger Abkühlung nicht fließend waren. Der Einfluß der Kühldauer ergiebt sich in schlagender Weise bei den Oelen Nr. 2 und 3.

Es wurden schließlich noch zu den unter laufender Nummer 14 und 15 in der dritten Spalte von Tabelle 6 angeführten Versuchen neuerdings je 2 Wiederholungsversuche angestellt. Hierbei ergab sich, daß sowohl Oel I 22 wie I 23 wie bei den früheren in Tabelle 2 unter laufender Nummer 1 und 2 angeführten Versuchen bei — 8,5° im engeren Reagirglas nicht fließend waren. Die Abweichung der fraglichen Versuche konnte somit ihren Grund entweder darin haben, daß die Prüfungen zu einer anderen Zeit als die übrigen Versuche angestellt wurden, oder geringe Wärmeschwankungen bei der Abkühlung eingetreten waren.

Apparat VII. (Tabelle 7. Figur 15.)

Zur Bestimmung des Flammpunktes wird das Oel in einem offenen zylindrischen Porzellantiegel von 40 mm Höhe und 40 mm Durchmesser in einem Sandbade vorsichtig erhitzt und derjenige Punkt als Flammpunkt bezeichnet, bei welchem durch Annäherung

Digitized by Google

eines etwa erbsengroßen Zündflämmchens an die Oeloberfläche Verpuffen mit oder ohne Entflammen der Dämpfe stattfindet.

Der Apparat Fig. 15 besteht aus der als Sandbad benutzten halbkugelförmigen Schale a von 180 mm Durchmesser, dem obengenannten Tiegel b, welcher oben auf den Sand gestellt wird und dem Löthrohr c, welches mit der Gasleitung in Verbindung steht. Die große halbkugelförmige Schale soll vornehmlich den Zweck haben, die Wirkungen des Luftzuges auf das Versuchsergebniß zu vermindern. Hierdurch und durch Anwendung des zylindrischen Porzellangefäßes unterscheidet sich die Anordnung von der früher allgemein gebräuchlichen.

Dieser Apparat sollte mit dem veränderten Abel-Penskyschen Apparat (VIII), wie er in der Versuchsanstalt benutzt wird, verglichen werden. Die zu dem Zwecke angestellten Versuche wurden in einem Digestorium von zwei unabhängig von einander arbeitenden Chemikern genau nach Vorschrift ausgeführt; ihre Ergebnisse sind in Tabelle 7 mitgetheilt.

Tabelle 7. **Vergleich zwischen Methode 7 und 8.**

Versuch Nr.	Ergebnisse der Methode 7. Flammpunkte in C°. Zeichen der Probe: 27 e	Mischungen aus: 30 Thl. 27 e, 70 „ I 60	15 Thl. 27 e, 85 „ I 60	I 60	I 61	32	I 22	41 e	41 f	33 a
1	139	154	161	171	170	170	190	196	197	192
2	139	156	161	171	170	170	187	190	192	191
3	139	154	163	172	168	171	188	191	191	200
4	141	—	—	171	172	172	188	195	196	195
5	—	—	—	—	—	—	—	194	192	—
Mittel	**139,5**	**154,7**	**161,7**	**171,3**	**170,0**	**170,8**	**188,2**	**193,2**	**193,6**	**194,5**
Unterschied zwischen Max. u. Min.	2	2	2	1	4	2	3	6	6	9

Versuch Nr.	Ergebnisse der Methode 8. Flammpunkte in C°. Zeichen der Probe und Nr. des Apparates: 52 e M 52	52 e 103	52 e 104	52 b M 52	52 b 102	52 d M 52	52 d 102	52 c M 52	52 i M 52	52 i 102	52 i 103	53 c M 52	54 e M 52	54 e 104
1	132	132	—	146	146	153	152	156	156	157	154	158	187	186
2	133	132	—	—	—	—	—	157	156	157	155	158	—	—
3	133	135	—	—	—	—	—	158	157	—	—	—	—	—
4	(136*)	—	(136*)	—	—	—	—	157	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	157	—	—	—	—	—	—
Mittel	**132,8**			**146,0**		**152,5**		**157,0**	**156,0**			**158,0**	**186,5**	
Unterschied zwischen Max. u. Min.	1	3	—	0		1		2	1	0	1	0	1	
	3								3					

Nr. M 52 ist der in der Versuchsanstalt ständig benutzte Apparat.

*) Diese Werthe wurden einen Monat später gefunden.

Digitized by Google

Aus Tabelle 7 ergiebt sich im Vergleich mit den früher nach der älteren Treumannschen Methode gefundenen Werthen (vergl. „Mittheilungen" 1889, S. 70 und 71), daß die jetzige Methode gegenüber der älteren kaum nennenswerth sicherer sein dürfte. Vergleicht man nämlich die letzten Reihen von Seite 70 und 71 a. o. O. (Unterschiede zwischen Maximum und Minimum) in ihrer Gesammtheit mit denjenigen von Tabelle 7, so bekommt man als Mittel aus den Abweichungen die in Tabelle 8 zusammengestellten Werthe, nämlich 3,3 bis 3,7 C°.

Tabelle 8. **Vergleich zwischen Methode 7 und 8.**

Nr.	Methode	Zahl der untersuchten Oele	Durchschnittliche Abweichung zwischen Minimum u. Maximum C°	Zahl der Abweichungen zwischen Minimum und Maximum von									
				0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	9°	12°
1	Treumann, ältere („Mittheilungen", 1889, S. 70 und 71)	40	3,3	2	6	7	11	4	5	3	1	—	1
2	VII. desgl., neuere (Tab. 7)	10	3,7	—	1	4	1	1	—	2	—	1	—
			Summe	2	7	11	12	5	5	5	1	1	1
3	Versuchsanstalt („Mittheilungen" 1889, Seite 70 und 71)	33	1,6	6	9	10	7	1	—	—	—	—	—
4	VIII. desgl, neue Reihe (Tab. 7) . .	7	1,4	2	2	1	2	—	—	—	—	—	—
			Summe	8	11	11	9	1	0	0	0	0	0

Für die beiden Treumannschen Methoden und 1,4 bis 1,6 C° für die Methode der Versuchsanstalt ist noch besonders zu bemerken, daß die unter Nr. 4 aufgeführte neue Reihe (Tab. 8) mit 4 verschiedenen Apparaten bei Gelegenheit ihrer amtlichen Prüfung und Beglaubigung gewonnen ist. Die Schlußspalten der Tab. 8 geben eine schlagende Erläuterung über den Grad der Zuverlässigkeit der beiden in Vergleich gestellten Methoden (vergl. die beiden Summen von vorhin). Unser Vergleich würde noch zuverlässiger und überzeugender sein, wenn unter Nr. 2 und 4 noch mehr Oele untersucht worden wären. Dies war aber nicht möglich, weil der Auftrag sehr schleunig ausgeführt werden mußte. Man nahm aber Veranlassung, die Sache später noch weiter zu verfolgen und veröffentlichte die hierbei gewonnenen Ergebnisse in den „Mittheilungen" 1889, S. 153—155, worauf später noch zurückzukommen sein wird, nachdem zunächst das auf Grund der hier mitgetheilten Werthe abgegebene Gutachten bekannt gegeben ist.

Der neue Treumannsche Apparat (VII) hat, wenn er auch durchaus nicht zuverlässiger zu sein scheint als der alte, dennoch den Vorzug vor dem Apparat der Versuchsanstalt, daß er einfacher und billiger ist, sowie daß die Reinigung bequemer zu bewerkstelligen ist.

Als Nachtheile der Methode 7 sind, ebenfalls im Vergleich zur Methode 8, folgende Punkte anzuführen;

Das für den Flammpunkt bei der Tiegelbestimmung als charakteristisch angegebene Verpuffen mit oder ohne Flammenerscheinung ist meistens erst deutlich wahrnehmbar, nachdem schon mehrere Grade vorher Entflammen eingetreten ist. Der Unterschied

Digitized by Google

zwischen dem beobachteten Entflammen und dem wahrnehmbaren Verpuffen schwankte bei den Versuchen zu Tab. 7 zwischen 1 bis 6 C°. Das Verpuffen giebt sich anfänglich nur durch ein geringes Geräusch kund und kann deshalb sehr leicht durch ein Nebengeräusch verdeckt werden; auch verursacht die Flamme des zur Erwärmung benutzten Brenners zuweilen ein dem Verpuffen ähnliches Geräusch. Die Unsicherheit in der Beurtheilung der charakteristischen Erscheinungen ist es wahrscheinlich, welche die durch Vermeidung des Luftzuges gewonnenen Vortheile der Methode 7 hinfällig macht. Das von der Versuchsanstalt als charakteristisch angenommene bloße Entflammen, mit oder ohne Verpuffung der Dämpfe, gestattet beim Apparat VIII eine sicherere und von äußeren Einflüssen unabhängige Beobachtung. Es muß ferner als ein Mangel bezeichnet werden, daß eine bestimmte Vorschrift über die Schnelligkeit der Wärmeerhöhung für die Methode 7 nicht gegeben ist, auch erfordert die auf das langsame Erwärmen zu verwendende Sorgfalt eine viel größere Aufmerksamkeit des Beobachters als das auch bei schnellem Erhitzen zur Erzielung übereinstimmender Ergebnisse beim Apparat VIII ausreichende Rühren. Bei den in Tab. 7 mitgetheilten Versuchen mit Apparat VII hat gegen Ende der Versuche höchstens eine Wärmezunahme von 4 C° in der Minute stattgefunden. Wegen der Nothwendigkeit des langsamen Erhitzens ist eine längere Versuchsdauer erforderlich als bei schnellem Erhitzen und Rühren. Die Annäherung des Zündflämmchens aus freier Hand ist augenscheinlich weniger zuverlässig und nicht bequemer als das Eintauchen mit mechanischer Zündvorrichtung. Ferner fällt die Belästigung des Beobachters durch die entwickelten Dämpfe bei dem Verfahren mit offenem Tiegel ins Gewicht, ein Uebelstand, welcher bei geschlossenem Gefäß vermieden wird und welcher es bei Methode 7 nothwendig macht, im Digestorium zu arbeiten.

Nach vorstehenden Erläuterungen würde sich die Methode 7, ebenso wie die ältere Tiegelmethode, für technische Materialprüfung nur dann eignen, wenn man ihre billigere und einfachere Einrichtung höher veranschlagt als die Sicherheit des Ergebnisses.

Dieses Schlußurtheil ist noch durch die in den „Mittheilungen“ 1889. S. 153 bis 155 veröffentlichten Ergebnisse der vergleichenden Untersuchung von Schmierölen, welche mit leichtflüchtigen Oelen versetzt waren, zu ergänzen. Diese Ergebnisse liefern erst recht den Beweis, daß man bei allen sorgfältigen Prüfungen die Anwendung der Tiegelmethode überhaupt ausschließen sollte, ganz bestimmt aber dann, wenn die etwa vorhandenen leichtflüchtigen Bestandtheile Gefahr mit sich bringen können, oder wenn es sich in Streitfällen um die Feststellung der Uebereinstimmung zweier Proben handelt. Die Tiegelmethode ist nach den mitgetheilten Erfahrungen nicht nur ungenauer, sondern unter Umständen auch nicht zuverlässig, weil sie leichtflüchtige Bestandtheile der Schmieröle nicht immer mit Sicherheit erkennen läßt. Für die Industrie würde die Einführung der Bestimmung des Flammpunktes mittelst des Penskyschen Apparates in wenigen Fällen allerdings eine Erschwerung mit sich bringen, indessen wird eine besondere Schädigung, namentlich bei der ohne Schaden für den Verbraucher als zulässig zu erachtenden*) Herabsetzung der jetzt gebräuchlichen Forderungen für den Flammpunkt nicht eintreten. Es würde aber der Vortheil gewonnen, daß die Entscheidung darüber, ob ein Oel den Bedingungen genügt oder nicht, immer mehr auf eine

*) „Mittheilungen“ 1889. Ergänzungsheft V S. 37. Daselbst wurde ausführlicher die Zulässigkeit der Herabsetzung des Flammpunktes erörtert.

Digitized by Google

sichere, einheitliche Grundlage gestellt und dem persönlichen Ermessen des Prüfenden entrückt wird.

Apparat VIII. (Tabelle 9.)

Der von mir veränderte Abel-Penskysche Apparat ist ausführlich in den „Mittheilungen" 1889, S. 64 und Ergänzungsheft V. S. 7 und 8 beschrieben und abgebildet. An der zuerst genannten Stelle und auf S. 153 bis 155 des gleichen Jahrganges sind die Ergebnisse von Untersuchungen über den Zuverlässigkeitsgrad der Methode mitgetheilt, deren Schlußwerthe auch in den vorstehenden Tabellen 7 und 8 enthalten sind.

Es dürfte von Interesse sein, hier auch die Ergebnisse von vergleichenden Prüfungen mitzutheilen, welche Herr Dr. Treumann in Hannover gemäß einem mit ihm getroffenen Abkommen der Versuchsanstalt mitgetheilt hat. Diese Werthe sind in Tab. 9 übersichtlich zusammengestellt.

Tabelle 9. **Vergleich zwischen Methode 7 und 8.**
Ausgeführt von Dr. Treumann in Hannover.

Lf. Nr.	Bezeichnung des Oeles	Tiegel Methode 7. C°	Methode 8, veränderter Abel-Pensky-Apparat. auf Marke aufgefüllt ohne Rührwerk a = C°	auf Marke aufgefüllt mit geprüft b = C°	2 mm üb. Marke gefüllt ohne Rührwerk c = C°	2 mm üb. Marke gefüllt mit geprüft d = C°	Unterschied d. Mittel zwischen mit und ohne Rühren geprüft. auf Marke aufgefüllt a-b = C°	2 mm über Marke aufgefüllt. c-d = C°	Unterschied zwischen auf Marke u. 2 mm über Marke aufgefüllt. ohne Rührwerk a-c = C°	mit geprüft. b-d = C°
1.	Mineralöl a	156	152	—	146	—				
		—	151	—	—	—				
		—	155	—	—	—				
		—	156	—	—	—				
	Mittel	**156**	**153,5**	—	**146**	—	—	—	**+7,5**	—
	Unterschied zw. Max. und Min.	—	5	—	—	—				
2.	Mineralöl b	129	105	120	—	124				
		—	104	—	—	126				
	Mittel	**129**	**104,5**	**120**	—	**125**	**—15,5**	—	—	**—5**
	Unterschied zw. Max. und Min.	—	1	—	—	2				
3.	Mineralöl c	148	136	150	—	147				
		—	—	—	—	146				
	Mittel	**148**	**136**	**150**	—	**146,5**	**—14**	—	—	**+3,5**
	Unterschied zw. Max. und Min.	—	—	—	—	1	—	—	—	—
4.	Mineralöl d	**158**	**155**	**158**	—	**154**	**—3**	—	—	**+4**
5.	Mineralöl e	**158**	**147**	**152**	—	—	**—5**	—	—	—
6.	Mineralöl f	**157**	**142**	**155**	—	—	**—13**	—	—	—
7.	Mineralöl g	154	134	150	—	—				
		—	136	150	—	—				
		—	136	151	—	—				
	Mittel	**154**	**135,3**	**150,3**	—	—	**—15**	—	—	—
	Unterschied zw. Max. und Min.	—	2	1						

Digitized by Google

Herr Dr. Treumann begleitete die Tabelle mit folgenden Angaben:

„Die Versuche mit dem veränderten Pensky'schen Flammpunktsprüfer wurden in erheblich geringerer Anzahl ausgeführt, als ursprünglich in Aussicht genommen war. .. Wie die Versuchsanstalt aus dem Verhalten der Anlagen (Tab. 9) ersehen dürfte, habe auch ich nur bestätigen können, daß der veränderte Flammpunktsprüfer sowohl mit als ohne Benutzung der Rührvorrichtung unter einander übereinstimmende Ergebnisse liefert. Dagegen habe ich, trotz wiederholter und unter sorgfältigster Befolgung der von der Versuchsanstalt angegebenen und empfohlenen Vorsichtsmaßregeln ausgeführter Versuche, im Gegensatz zu den Versuchsergebnissen der Versuchsanstalt nicht die Ueberzeugung gewinnen können, daß die Anwendung der Rührvorrichtung ohne Einfluß auf die Versuchsergebnisse bleibt. Es mag dahingestellt bleiben, ob die Beschaffenheit der von mir zu den Versuchen benutzten Proben oder ob andere Umstände zur Erklärung dieses abweichenden Ergebnisses herangezogen werden müssen — jedenfalls ist die Zahl der von mir ausgeführten Versuche nicht groß genug, um aus denselben allgemein gültige Folgerungen ableiten zu können."

Ein Vergleich des Vorstehenden mit der älteren Veröffentlichung über die Ergebnisse der in der Versuchsanstalt ausgeführten vergleichenden Prüfung „Mittheilungen" 1889. S. 64 u. f. ergiebt leicht Folgendes.

Die Treumann'schen Versuche bestätigen die gute Uebereinstimmung der unter gleichen Umständen wiederholten Prüfung eines und desselben Oeles, denn es ergaben:

Tabelle 10.

	Nach Treumann Tab. 9.						Nach Versuchsanstalt (Mitthlg. 1889, S. 68.)									
Bezeichnung des Oels	a	b		c	g		I 28			27 c			27 e			I 29
Zahl der Versuche	4	2	2	2	3	3	5	2	3	5	2	4	4	3	7	3
Unterschied zw. Max. u. Min.	5	1	2	1	2	1	2	4	1	3	2	2	2	7	3(6)	2

Hierin liefern diejenigen Versuchsreihen, deren Werthe überhaupt für den Vergleich herangezogen werden dürfen (sie sind fettgedruckt), bei den Treumann'schen Versuchen scheinbar noch bessere Uebereinstimmungen, als die Reihen der Versuchsanstalt. Dies liegt aber nur daran, daß die Zahl der Versuche in den Treumann'schen Reihen kleiner und daher die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten größerer Abweichungen geringer war, als bei den Reihen der Versuchsanstalt.

Die Versuchsanstalt hat durch die früher veröffentlichten Versuche aber den Nachweis erbracht, daß bei langsamem Erhitzen ohne Rühren und bei schnellem Erhitzen unter beständigem lebhaften Rühren mit dem Apparat VIII gleiche Ergebnisse erzielt werden. Dies beweist die folgende Zusammenstellung, aus welcher zugleich zu ersehen ist, daß bei schnellem Erhitzen ohne Rühren der Flammpunkt erheblich tiefer gefunden wird als unter den erstgenannten Umständen.

Digitized by Google

Tabelle 11 (zusammengestellt nach „Mittheilungen" 1889, S. 68).

Bezeichnung des Oeles		langs. erhitzt ohne Rühren a=C°	schnell erhitzt 10°/min. mit Rühren b=C°	schnell erhitzt 10°/min. ohne Rühren c=C°	Unterschiede C° a−b	Unterschiede C° $\frac{a+b}{2}-c$	Bemerkungen
I 28	Zahl der Versuche	5	3	2			*) ein Versuch mit Wärmesteigerung von 6°/min.
	mittlerer Flammpunkt	164	164	158*)	0	6	
27c	Zahl der Versuche	5	4	2			
	mittlerer Flammpunkt	165	167	158	−2	8	
27e	Zahl der Versuche	4	7	3			
	mittlerer Flammpunkt	122	121	113	1	8,5	
I 29	Zahl der Versuche	1	3				
	mittlerer Flammpunkt	175	173	—	2	—	

Treumann hat offenbar bei seinen vergleichenden Prüfungen noch schneller erhitzt, als es in der Versuchsanstalt geschah (10°/min.), denn der Unterschied zwischen seinen Reihen (Tab. 9, Spalte 8) mit und ohne Rühren ist größer (etwa 14 C°), als diejenigen der Reihen der Versuchsanstalt (etwa 8 C°) (Tab. 11, Spalte 7). Treumann giebt über die Geschwindigkeit der Wärmesteigerung keinen Vermerk.

Ein Gegensatz zwischen den Ergebnissen der Versuchsanstalt und den seinigen, wie ihn Dr. Treumann annimmt, scheint nach Voraufgehendem nicht zu bestehen, da auch die Versuchsanstalt den Einfluß des Rührens nicht nur nachgewiesen hat, sondern gerade wegen des Vorhandenseins dieses Einflusses und zur Vermeidung der Fehler, welche bei schnellem Erhitzen ohne Rühren gemacht werden, das Rührwerk zum alten Abel-Penskyschen Apparat hinzugefügt hat. Nur wenn das Erhitzen ohne gleichzeitiges Rühren langsam erfolgt, erzielt man mit Apparat VIII die gleichen Ergebnisse wie beim schnellen Erhitzen mit Rühren.

Es lag, wie gesagt, nahe, die Erklärung der vermeintlichen und wirklichen (14 C° gegen 8 C°) Unterschiede der Treumannschen Prüfungsergebnisse gegen diejenigen der Versuchsanstalt darin zu suchen, daß die ersteren bei noch größerer Erwärmungsgeschwindigkeit gefunden wurden, als sie die Versuchsanstalt anwendete. Zugleich erschien es auch wünschenswerth, den Vergleich der mit dem Tiegel gewonnenen Flammpunkte ebenfalls durch eine an zweitem Orte ausgeführte Versuchsreihe vornehmen zu lassen. Die von Dr. Treumann mitgetheilten Versuchsergebnisse geben hierfür keinen Anhalt, da mit dem Tiegel immer nur eine einzige Bestimmung des Flammpunktes ausgeführt worden ist. Diese Bestimmung kann aber schon aus diesem Grunde nicht als vergleichbar mit den aus mehreren Versuchen mit Apparat VIII gewonnenen Mittelwerthen angesehen werden; dazu kommt noch, daß der mittlere Fehler der Tiegelmethode nach den in Tab. 8 mitgetheilten Ergebnissen größer ist, als derjenige der Methode 8.

Digitized by Google

Während Dr. Treumann (Tab. 9, Spalte 11) den Einfluß der fehlerhaften Auffüllung (2 mm über der Marke) ziemlich erheblich findet (durchschnittlich + 0,8 C°, dabei schwankend zwischen — 5 und + 4), ist von der Versuchsanstalt nach Ausweis der folgenden Tab. 12 dieser Einfluß, bei Einfüllung bis 1 cm unter der Marke auf durchschnittlich — 2,3 C°, bei Einfüllung bis 1 cm über der Marke auf durchschnittlich + 0,7, dabei schwankend von 0 bis + 1,5° festgestellt. Hier liegt also ein Widerspruch vor, welcher der Aufklärung bedarf. In der Natur der Oele dürfte er kaum begründet sein. Die Zahl der Versuche ist zu vermehren.

Wegen der Wichtigkeit, welche die völlige Klarlegung der Fehlergrenzen der von der Versuchsanstalt benutzten und empfohlenen Prüfungsmethoden hat, wurden hier ausführlich auch die von Dr. Treumann gefundenen Ergebnisse mitgetheilt und besprochen. Aus gleichem Grunde wurde auch Dr. Treumann ersucht, eine weitere Reihe ihm von der Versuchsanstalt übersendeter Oelproben nach verabredetem Plane, sowohl nach der Tiegelmethode als auch nach der Methode 8 zu prüfen. Leider war es nicht möglich, diese Reihe so rechtzeitig abzuschließen, daß sie hier noch besprochen werden konnte; sie wird in einem späteren Hefte mitgetheilt werden.

Tabelle 12.

Zeichen der Probe und Herkunft	Normale Versuchsausführung		bis 1 cm unter der Marke gefüllt		bis 1 cm über der Marke gefüllt		Unterschiede	
	Zahl der Versuche	mittlerer Flammpunkt a=C°	Zahl der Versuche	mittlerer Flammpunkt b=C°	Zahl der Versuche	mittlerer Flammpunkt c=C°	a-b=C°	a-c=C°
Mineralöl I 60 .	2	156	2	158,5	2	154,5	— 2,5	+ 1,5
Desgleichen I 30 .	1	174	2	176	2	174	— 2,0	0,0
Gemisch aus I 29 und Petroleum	2	110	2	112,5	2	109,5	— 2,5	+ 0,5

2. Ueber den Säuregehalt pflanzlicher Oele.

Von Dr. Holde, Assistent der Abtheilung für Oelprüfung.

Der Säuregehalt der Schmieröle, sowohl der pflanzlichen und thierischen, als auch der mineralischen, wird von der Versuchsanstalt im Anschluß an bereits von anderen Seiten befolgten Gebrauch, sowie aus Gründen der Einheitlichkeit auf Schwefelsäureanhydrid berechnet angegeben.

Da sich bei den pflanzlichen Schmierölen die in ihnen enthaltene freie Säure aus den verschiedenen Fettsäuren, oder aus zufällig hineingelangten Mineralsäuren, bei

Digitized by Google

den raffinirten Oelen aber auch aus den von der Reinigung herrührenden Fremyschen Säuren, d. h. den Verbindungen von Fettsäuren mit Schwefelsäure, zusammensetzen kann, so hielt ich es für zweckmäßig, in ihnen den Gehalt an freier Mineralsäure oder gebundener Schwefelsäure, sowie die Menge der freien Fettsäure, gesondert zu bestimmen.

Zu diesem Zwecke wurden nach Bestimmung der gesammten freien Säure*) zunächst zur qualitativen Prüfung auf freie Mineralsäure, 6—8 ccm der Oele mit ungefähr dem gleichen Raumtheil Wasser im Reagensglase tüchtig durchgeschüttelt und einige Zeit aufgekocht. Das Wasser nahm hierbei nicht nur alle freie Mineralsäure, sondern auch die an die Fettsäuren gebundene Schwefelsäure durch Spaltung dieser Verbindungen**) auf, und wurde nach erfolgter Trennung der öligen und wässrigen Schicht durch Lakmuspapier und Chlorbarium auf Gehalt an freier Mineralsäure geprüft.

Es zeigte sich hierbei das bemerkenswerthe Ergebniß, daß von sämmtlichen der Prüfung unterzogenen raffinirten Oelen kein einziges auch nur geringe Mengen von Schwefelsäure, sowohl freier wie an Fettsäure gebundener, enthalten hatte. Diese Thatsache spricht also dafür, daß es den Fabrikanten durch sorgfältige Auswaschung gelingt, die von der Reinigung zurückgebliebene freie und gebundene Schwefelsäure völlig zu entfernen. Demgemäß sagt auch Bornemann***) von dem Säuregehalt der raffinirten Oele „Letztere (nämlich die freien Fettsäuren) sind dann die Ursache, daß solches Oel auch nach völligem Wegwaschen der Schwefelsäure noch sauer reagirt, wogegen es ein Irrthum ist, wenn diese saure Reaktion auf zurückgehaltene Schwefelsäure gedeutet wird; denn diese läßt sich bei sorgfältiger Arbeit durch Aussüßen mit Wasser vollständig beseitigen."

Nichtsdestoweniger wird es natürlich von Interesse sein, weiteres Material in obiger Hinsicht zu sammeln, um das Urtheil über die Zuverlässigkeit des Waschprozesses bei der Raffination der Oele zu befestigen. Es mag auch hinzugefügt werden, daß in den meisten einschlägigen Fachbüchern empfohlen wird, die von der „Raffination herrührende Schwefelsäure" durch Ausziehen mit Wasser ꝛc. nachzuweisen. Durch die Prüfung mit Lakmuspapier wurde gleichzeitig, wie zu erwarten war, die Abwesenheit anderer freier Mineralsäuren, sowohl bei den raffinirten Rüböl, als auch den zur Untersuchung herangezogenen in Tab. 1 aufgeführten rohen Rüböl, Baumöl ꝛc., festgestellt.

In Tab. 1 ist nun der Gehalt an freier Säure bei allen untersuchten Oelen nicht nur auf Schwefelsäureanhydrid, sondern auch auf Oelsäure berechnet angegeben. Die letzteren Zahlen sind bei den aufgeführten Proben um so mehr von Interesse, als sie in der That annähernd die wirklichen Gewichtsprozente der Oele an freier Säure angeben, da ja in Folge der Abwesenheit von Mineralsäure nur freie Oelsäure nebst geringen Mengen anderer Fettsäuren in ihnen enthalten sein kann.

*) „Mittheilungen" 1889 S. 116.

**) Benedict, „Analyse der Fette und Wachsarten", S. 94.
Schädler, „Technologie der Fette und Oele des Pflanzenreichs", S. 1000.

***) Bornemann, Die fetten Oele des Pflanzen- und Thierreichs, Weimar 1889 S. 193.

Digitized by Google

Tabelle 1.

Laufende Nr.	Zeichen der Proben	Art des Materials	Gesammte freie Säure des Oeles in Prozenten berechnet als		Laufende Nr.	Zeichen der Proben	Art des Materials	Gesammte freie Säure des Oeles in Prozenten berechnet als	
			Schwefelsäureanhydrid	Oelsäure				Schwefelsäureanhydrid	Oelsäure
1	81a	Rohes Rüböl	0,11	0,78	29	30b	Raffin. Rüböl	0,55	3,88
2	81b	desgl.	0,14	0,99	30	15a	desgl.	0,01	0,07
3	81c	desgl.	0,13	0,92	31	5a	desgl.	0,58	4,09
4	81d	desgl.	0,11	0,78	32	2b	desgl.	0,47	3,31
5	81e	desgl.	0,10	0,71	33	2c	desgl.	0,04	0,28
6	20a	desgl.	0,19	1,34	34	35	desgl.	0,49	3,45
7	2a	desgl.	0,14	0,99	*35	7c	desgl.	0,05	0,35
8	5b	desgl.	0,19	1,34	36	7a	desgl.	0,83	5,85
9	6b	desgl.	0,14	0,99	37	5c	desgl.	0,48	3,38
10	7b	desgl.	0,06	0,42	38	6a	desgl.	0,14	0,99
11	15b	desgl.	0,13	0,92	39	71a	Baumöl	1,02	7,19
12	15c	desgl.	0,11	0,78	40	71b	desgl.	0,28	1,97
13	16	desgl.	0,23	1,62	41	71c	desgl.	0,03	0,21
14	49c	desgl.	0,14	0,99	42	71e	desgl.	1,29	9,09
15	49d	desgl.	0,15	1,06	43	71f	desgl.	1,52	10,72
*16	49a	desgl.	0,29	2,04	44	71g	desgl.	0,27	1,90
*17	49b	desgl.	0,20	1,41	45	59	desgl.	0,34	2,40
*18	49e	desgl.	0,18	1,27	46	56	desgl.	0,32	2,26
19	44	desgl.	0,16	1,13	47	54a	desgl.	0,36	2,54
20	55	desgl.	0,17	1,20	48	54c	desgl.	0,32	2,26
21	I^{25}	Senfsamenöl	0,06	0,42	49	50a	desgl.	0,53	3,74
22	I^{2}	Raffin. Rüböl	0,22	1,55	*50	49f	desgl.	0,24	1,69
23	I^{9}	desgl.	0,73	5,15	51	I^{18}	desgl.	1,46	10,29
24	I^{10}	desgl.	0,03	0,21	52	5d	desgl.	2,43	17,13
25	I^{20}	desgl.	0,03	0,21	*53	49g	desgl.	2,88	20,30
26	I^{26}	desgl.	0,60	4,23	*54	49h	desgl.	0,18	1,27
27	I^{27}	desgl.	0,11	0,78	*55	49i	desgl.	0,53	3,74
28	30a	desgl.	0,55	3,88	*56	49k	desgl.	0,07	0,49

Von den mit einem Stern versehenen Oelen war für die qualitative Prüfung auf Mineralsäure kein Material mehr vorhanden.

Faßt man die Ergebnisse der Tabelle 1 näher zusammen, so ergeben sich folgende Schwankungen und Mittelwerthe für den Säuregehalt der einzelnen Oelarten, s. Tab. 2.

Man ersieht aus den Tabellen 1 und 2, daß der Säuregehalt der raffinirten Rüböle in einigen Fällen wesentlich geringere Werthe zeigt, als derjenige der rohen Rüböle, daß also durch die Entfernung der eiweiß- und schleimartigen Stoffe gleichzeitig ein geringerer Säuregehalt erzielt werden kann.

Dagegen deutet der in einigen Fällen ziemlich hohe Säuregehalt raffinirter Oele darauf hin, daß zu viel Schwefelsäure zur Raffination benutzt und hierdurch eine umfangreichere Zersetzung der Glyceride bewirkt wurde.*)

Ganz außerordentlich hohe Werthe erreicht, wie aus der Zusammenstellung ersichtlich ist, der Säuregehalt der Baumöle. Einige der am stärksten säurehaltigen, insbesondere

*) Bornemann, Die fetten Oele des Pflanzen- und Thierreichs, Weimar 1889 S. 193.

Digitized by Google

lfd. Nr. 51 und 52 zeigten schon bei der Einlieferung widerlichen ranzigen Geruch und starken Bodensatz und setzten noch beim Stehen in der Versuchsanstalt sehr große Mengen von festen Bestandtheilen ab.

Tabelle 2.

Art der Oele.	Säuregehalt schwankt zwischen Prozenten						Mittlerer Säuregehalt nach Tabelle 1 berechnet als:	
	berechnet als Schwefelsäureanhydrid.			berechnet als Oelsäure.				
	Versuchsanstalt.	Allen*)	Schädler**) u. Nördlinger.	Versuchsanstalt.	Allen.	Schädler u. Nördlinger.	Schwefelsäureanhydrid.	Oelsäure
Rüböle: Rohe	0,06 und 0,29	0,38	0,07	0,12 und 2,04	2,00	0,52	0,15	1,08
Rüböle: Rohe		und	und		und	und		
Rüböle: Raffinirte	0,01 und 0,83	0,71	0,89	0,07 und 5,85	5,00	6,26	0,35	2,45
Baumöle.	0,03 und 2,88	0,57 und 3,38	0,55 und 3,85	0,21 und 20,30	4,00 und 23,80	3,87 und 27,16	0,78	5,51

In Tab. 3 sind noch die Ergebnisse von Versuchen über die Veränderung des Säuregehaltes von einigen pflanzlichen Oelen bei längerem Stehen in zumeist verschlossenen Flaschen mitgetheilt.

Es zeigt sich, daß die Bildung freier Fettsäuren auch bei beschränktem Luftzutritt im Laufe der Zeit in ziemlich erheblicher Weise vor sich geht, und zwar insbesondere bei denjenigen Oelen, welche schon von Anfang an als stärker säurehaltig befunden wurden, wenn auch die prozentische Zunahme bei den Oelen von geringerem Säuregehalt meistens eine größere ist. Außerordentlich stark ist die Zunahme des Säuregehaltes bei dem sehr ranzigen Baumöle lfd. Nr. 13.

Tabelle 3.

Lfd. Nr.	Zeichen der Proben.	Art des Materials	1. Prüfung: Säuregehalt in Procenten berechnet als Schwefelsäureanhydrid.	1. Prüfung: Datum.	2. Prüfung: Säuregehalt in Procenten berechnet als Schwefelsäureanhydrid.	2. Prüfung: Datum.
1	I 10	Raffinirtes Rüböl	0,03	December 87	0,05	24./VII. 89
2	I 20	desgl.	0,04	desgl.	0,06	desgl.
3	I 25	Senfsamenöl	0,06	Januar 88	0,07	desgl.
4	I 27	Raffinirtes Rüböl	0,10	Februar 88	0,14	desgl.

*) Mont. Scient. 1874 S. 715.

**) Schädler, Untersuchungen der Fette, 1890 S. 148.

Digitized by Google

Noch: **Tabelle 8.**

Lfd. Nr.	Zeichen der Proben	Art des Materials	1. Prüfung		2. Prüfung	
			Säuregehalt in Procenten berechnet als Schwefelsäureanhydrid	Datum	Säuregehalt in Procenten berechnet als Schwefelsäureanhydrid	Datum
5	I 2	Raffinirtes Rüböl	0,22	Januar 88	0,28	20./VII. 89
6	2 b	desgl.	0,47	desgl.	0,60	22./III. 90
7	I 26	desgl.	0,60	Juli 87	0,63	Juli 89
8	30 b	desgl.	0,55	December 88	0,61	22./III. 90
9	30 a	desgl.	0,55	desgl.	0,64	desgl.
10	I 9	desgl.	0,73	Januar 88	0,84	20./VII. 89
11	7 a	desgl.	0,83	März 88	0,95	22./III. 90
12	54 a	Baumöl	0,36	Juni 89	0,48	desgl.
13	I 18	desgl.	1,46	desgl.	2,82	desgl.
14	5 d	desgl.	2,43	März 88	2,54	desgl.

3. Adansonia-Papier.

W. Herzberg. Erster Assistent der Abtheilung für Papierprüfung.

Zu denjenigen Rohmaterialien, die noch verhältnißmäßig selten in der deutschen Papierfabrikation Verwendung finden, gehört unter anderen auch der Bast des in der Pflanzenkunde unter dem Namen Adansonia digitata bekannten Affenbrodbaumes. Der Affenbrodbaum (Baobab in Westafrika, Wibuju in Ostafrika) ist eine der in Afrika heimischen Baumsorten, die von den Eingeborenen wegen ihrer vielen trefflichen Eigenschaften, ihrer Früchte, Blätter u. s. w. in der mannigfachsten Weise ausgenützt werden*). Die Fasern der Rinde, welche uns hier insbesondere interessiren, werden zu

*) Aus Synopsis Plantarum diaphoricarum, Systematische Uebersicht der Heil-, Nutz- und Giftpflanzen aller Länder von Dr. August Rosenthal, sei das Nachfolgende, allgemein Interessirende über den Baum angeführt.

Der Affenbrodbaum wird 12—22 m hoch und erreicht einen Umfang von 47 m und mehr; den größten Theil des Jahres ist er von Blättern entblößt, nur behangen mit gurkenartigen Früchten. Er ist 1454 durch Cadomosto bekannt geworden und soll ein Alter von 5000 Jahren erreichen. In seiner Heimath ist er fast überall Gegenstand der Verehrung. In Westafrika dient er den Negern zur Wohnung

Digitized by Google

Hüten und Mützen verarbeitet, die nicht nur als Kopfbedeckung, sondern auch als Trinkgefäße Verwendung finden und wasserdicht sein sollen; die aus ihr hergestellten Stricke und Gewebe sind von sprichwörtlicher Festigkeit.

Diese große Festigkeit der Fasern ist auch wohl die Ursache gewesen, weshalb man versucht hat, den Rohstoff der Papierfabrikation dienstbar zu machen; in einigen englischen Fabriken soll die Rinde verarbeitet werden, indessen liegen noch keine Mittheilungen über die gewonnenen Erfahrungen vor. Nach Ansicht von Sachkennern kommt der Baum nicht in großen Beständen vor, so daß dessen europäische Ausbeutung leicht seinen Untergang herbeiführen könnte. Ferner verursacht der Transport des Rohmaterials bis zu uns so bedeutende Kosten, daß schon aus diesem Grunde seine Verwerthung zu Papier unvortheilhaft ist. Erst wenn an Ort und Stelle die Papierfabrikation Eingang gefunden haben wird, kann der Bast vielleicht für sie eine Rolle spielen.

In der Papier- und Papierstofffabrik Niederkaufungen bei Cassel wurde vor einigen Jahren versuchsweise die Herstellung von Papier aus Adansoniarinde ausgeführt; von dem gefertigten Fabrikat wurde der Versuchsanstalt seitens der Direktion der erwähnten Fabrik ein Theil zur Verfügung gestellt, um hiermit Versuche im allgemeinen Interesse anzustellen; da mit der Uebersendung des Fabrikats zugleich Angaben über die Art der Verarbeitung gemacht und deren Veröffentlichung bereitwilligst gestattet wurde, so erscheint es im allgemeinen Interesse geboten, das gesammte Material den betheiligten Kreisen durch eine öffentliche Besprechung zugänglich zu machen.

Der Bast des Adansoniabaumes kommt in etwa 80 cm langen, 8—10 mm dicken und 40—50 mm breiten Stücken zu uns, ist von brauner Farbe und zeigt eine sehr große Festigkeit und Elastizität. Die Stücke wurden nach dem Berichte der oben genannten Fabrik auf dem gewöhnlichen Lumpenschneider in etwa 4—5 cm lange Enden geschnitten und diese zunächst im Kocher mit einer ungefähr 15prozentigen Aetzkalklösung behandelt. Nach 6—7stündiger Kochzeit erschienen die Stücke vollständig aufgeweicht, allein die den Pflanzen eigenthümliche Marksubstanz trennte sich nur schwer von den einzelnen Fasern, so daß der Stoff nach dem Mahlen im Holländer voll kleiner dunkler Punkte war. Um dieses Mark zu entfernen, wurde zum zweiten Male mit einer ungefähr 20prozentigen Aetznatronlösung gekocht, wodurch die Faststücke zwar vollständig aufgelöst wurden, die kleinen Markstückchen aber immer noch im Stoffe blieben und, weil noch dunkler gefärbt als das erste Mal, den Stoff noch mehr verunreinigten.

Verschiedene weitere Versuche, namentlich ein Zerdrücken der Markstückchen im Kollergang, worauf das Waschen im Holländer wesentlich bessere Wirkung hatte, führten

---

und als Begräbnißplatz für Zauberer. Die Leichen trocknen in dem ausgehöhlten Baum ein und werden ohne weitere Zuthaten zu Mumien. Seine Blätter bilden das Material für ein sehr wohlschmeckendes Gemüse und werden auch als Fieberkraut vielfach gebraucht. (Siehe „Neue chemische und therapeutische Untersuchungen über den Baobab (Adansonia digitata von E. Heckel und F. Schlagdenhauffen. Chemiker-Zeitung. Repertorium 1888. Seite 284 und 325.) Die Früchte enthalten ein angenehm säuerlich schmeckendes und erfrischendes Mark, das roh oder mit Zucker eingemacht genossen wird; aus der Asche der Fruchthüllen bereitet man in Verbindung mit Palmöl die gewöhnliche Seife. Die Rinde sowie der Stamm enthalten viel wässerigen Saft, den die Neger mit Vorliebe trinken. Das Holz des Baumes findet wegen seiner Leichtigkeit vielfach Verwendung.

Digitized by Google

nur etwas näher zum Ziele; indessen ist es nie gelungen, einen ganz reinen Stoff herzustellen. Es wäre dies jedoch durch Quetschen des Bastes vor dem Kochen, sowie durch eine entsprechende Waschvorrichtung jedenfalls zu erreichen gewesen. Indessen ergaben die ausgeführten Versuche schon, daß der Stoff wesentlich zu theuer zu stehen kommt. Die Adansonia kostete etwa 20 Mk. für 100 kg bis an den Ort der Verarbeitung und ergab nicht mehr als 35—36 pCt. reine Faser, so daß sich das daraus hergestellte Halbzeug einschließlich der Koch- und Bleichkosten auf reichlich 85 Mk. für 100 kg stellen würde.

Für gewisse Zwecke wäre indessen diese Pflanze wohl auch zu einem so hohen Preise nicht zu theuer; ihre außerordentliche Feinheit und Verfilzungsfähigkeit, die bei geeigneter Behandlung hinter der der Papiermaulbeerbaumfaser nicht zurückstehen dürfte, und sie somit zur Herstellung ebenso außergewöhnlich fester Papiere, wie die japanischen, geeignet machen, lassen sie in Anbetracht ihres ziemlich häufigen Vorkommens immerhin als einen nicht zu unterschätzenden Zuwachs zu den bereits bekannten Papierfaserstoffen erscheinen.

Zur Fabrikation feiner Umschlag- besonders zu den Manillapapieren wird Adansonia schon seit längerer Zeit mit Vortheil verwendet.

Die der Versuchsanstalt zur Verfügung gestellten beiden Sorten, ein schwächeres ungeleimtes und ein stärkeres geleimtes, haben beide ein schwach gelbliches Aussehen, ähnlich dem der japanischen Papiere. Die vielen Flecken indessen, die vom hellsten Gelb bis zum dunkelsten Braun übergehen, geben dem Papier ein schlechtes Aussehen, besonders in der Durchsicht.

Die Festigkeit des Papiers ist eine ziemlich bedeutende; in der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Festigkeitsprüfungen zusammengestellt.

Nr.	Papiersorte.	Reißlänge.		Mittlere Reißlänge	Dehnung.		Mittlere Dehnung
		Maschinenrichtung. km	Querrichtung. km	km	Maschinenrichtung. %	Querrichtung. %	%
1.	Ungeleimt Adansonia (dünn.)	6,49	3,09	4,79	2,5	4,1	3,3
2.	Geleimt Adansonia (dick.)	6,31	3,72	5,02	4,0	6,2	5,1

Auffallend hoch sind die mineralischen Rückstände, welche die Adansonia-Fasern beim Veraschen hinterlassen. Im nachfolgenden sind die Ergebnisse von zwei Aschenbestimmungen aufgeführt und zwar des noch mit Rindensubstanz durchsetzten Bastes und des fertigen, geleimten Papiers. Die Prüfung der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung der Aschen wurde seiner Zeit auf Antrag der Versuchsanstalt in der Königlichen chemisch-technischen Versuchsanstalt ausgeführt.

Digitized by Google

Zusammensetzung der Asche mit Kohlensäure.

	A. Bast von Adansonia digitata. 100 gr der Probe hinterlassen 17,47 gr Asche mit 6,94 gr Kohlensäure.	B. Papier aus dem Baste von Adansonia digitata. 100 gr der Probe hinterlassen 5,35 gr Asche mit 1,73 gr Kohlensäure.
Kalk	49,99 %	52,89 %
Magnesia	3,44 „	3,90 „
Thonerde	0,14 „	0,18 „
Eisenoxyd	0,32 „	0,24 „
Kali	3,35 „	1,44 „
Natron	0,32 „	0,08 „
Kieselsäure	0,22 „	4,30 „
Phosphorsäure	0,54 „	2,97 „
Chlor	1,03 „	1,23 „
Schwefelsäure	0,56 „	0,45 „
Kohlensäure	39,70 „	32,18 „
Summa	99,61 „	99,86 „

Zusammensetzung der Asche ohne Kohlensäure.

Kalk	83,44 %	78,14 %
Magnesia	5,74 „	5,76 „
Thonerde	0,23 „	0,26 „
Eisenoxyd	0,53 „	0,35 „
Kali	5,59 „	2,12 „
Natron	0,53 „	0,11 „
Kieselsäure	0,37 „	6,35 „
Phosphorsäure	0,90 „	4,39 „
Chlor	1,72 „	1,81 „
Schwefelsäure	0,93 „	0,66 „
Summa	99,98 „	99,95 „

Zum Vergleich sei im Nachfolgenden die Analyse der Asche von zwei aus Hanf- und Leinenfasern hergestellten Cigarettenpapieren mitgetheilt, welche gelegentlich ebenfalls in der Königlichen chemisch-technischen Versuchsanstalt ausgeführt wurde.

Zusammensetzung der Asche mit Kohlensäure.

	A. Cigarettenpapier mit 0,818 pCt. Asche.	B. Cigarettenpapier mit 0,439 pCt. Asche.
Kalk	40,45 pCt.	21,35 pCt.
Magnesia	5,53 „	13,51 „
Thonerde	5,05 „	9,66 „
Eisenoxyd	1,82 „	3,91 „
Kali	2,83 „	2,13 „
Natron	0,85 „	0,41 „
Kieselsäure	17,73 „	37,76 „
Phosphorsäure	10,88 „	5,61 „
Chlor	1,31 „	0,79 „
Schwefelsäure	0,91 „	0,94 „
Kohlensäure	12,59 „	2,84 „
	99,95 pCt.	98,91 pCt.

Digitized by Google

Zusammensetzung der Asche ohne Kohlensäure.

	A. Cigarettenpapier mit 0,348 pCt. Asche.	B. Cigarettenpapier mit 0,439 pCt. Asche.
Kalk	46,30 pCt.	22,23 pCt.
Magnesia	6,33 „	14,06 „
Thonerde	5,78 „	10,06 „
Eisenoxyd	2,08 „	4,01 „
Kali	3,24 „	2,21 „
Natron	0,97 „	0,42 „
Kieselsäure	20,29 „	39,30 „
Phosphorsäure	12,45 „	5,83 „
Chlor	1,50 „	0,82 „
Schwefelsäure	1,04 „	0,98 „
	99,98 pCt.	99,92 pCt.

Auffallend ist bei den Bestandtheilen der Asche vom Adansoniapapier der hohe Kalkgehalt und der geringe Gehalt an Kieselsäure und Phosphorsäure.

Fig. 1.

Aus Fig. 1 ist die Lagerung der Fasern in der Rinde des Adansoniabaumes zu ersehen, die sehr deutlich erkennbar wird, wenn eine Behandlung mit einer alkoholischen Lösung von salzsaurem Phloroglucin vorgenommen wird; die schwach verholzten Bastfasern färben sich dann sehr schön roth.

Ursprünglich zeigen die Bastfasern eine schwach gelblich-braune Färbung, während die zwischenliegende Rindensubstanz fast weiß erscheint.

Mikroskopische Merkmale der Adansoniafaser.

Wird das Adansoniapapier in der in der Versuchsanstalt üblichen Weise mit verdünnter Natronlauge gekocht*) und die durch Schütteln mit Granaten von einander gelösten Fasern in einer wässrigen Jod-Jodkaliumlösung präparirt, so nehmen sie, unter dem Mikroskop betrachtet, eine Färbung an, die zwischen braun und olivgrün liegt; die dünneren erscheinen mehr grünlich, die stärkeren mehr braun gefärbt; ganz dünne Lamellen bleiben, wie auch bei anderen Faserarten, farblos. Die Faser ist kräftig gebaut, walzenförmig und in ihrem ganzen Aufbau der japanischen Gampifaser (Wickströmia canescens)**) und der Jutefaser sehr ähnlich; die bei der Jutefaser indessen häufig zu beobachtenden dicken Bündel innig zusammenhängender Fasern sind hier niemals vorhanden.

Die Höhlung der Adansoniafaser ist in ihrem ganzen Verlaufe außerordentlich verschieden; oft nur als schwache dunkle Linie erkennbar, erweitert sie sich plötzlich sehr stark und nimmt mehr als die Hälfte der Zellbreite ein (Fig. 2b); diesen Uebergang kann man zuweilen innerhalb des mikroskopischen Gesichtsfeldes einige Male beobachten. Die in Folge der wechselnden Breite des Lumens auch verschieden starken Zellwände sind mit zahlreichen Poren durchsetzt, die von der Peripherie aus bis zum Lumen führen;

*) „Mittheilungen" 1887 Ergänzungsheft III und „Mittheilungen" 1889 Heft III.
**) „Mittheilungen" 1888 Ergänzungsheft IV. A. Martens, Untersuchung japanischer Papiere.

Digitized by Google

an manchen Stellen zeigt die Faser knotenartige Verdickungen der Zellwand, ähnlich wie die Leinenfaser.

Wenn auch der größte Theil der Fasern in Folge der mechanischen Einflüsse der Fabrikation zerstört ist, so kommt deren doch immer noch eine ziemliche Anzahl unversehrt im Papier vor. An diesen kann man beobachten, daß die Faser an ihren beiden Enden den geringsten Durchmesser hat und nach der Mitte zu ziemlich gleichmäßig breiter wird; diese Erscheinung ist bei einer so großen Anzahl von Fasern scharf ausgeprägt, daß man sie wohl als ein charakteristisches Merkmal der Adansoniafaser betrachten darf. Bei der Verarbeitung lösen sich die äußersten Gewebeschichten vielfach ab und die sehr fein zerfaserten Strähnchen umgeben die Zelle an manchen Stellen wie mit einem Bart (Fig. 2e), oder umschließen sie in einem dichten Gewirr; diese Erscheinung, die recht oft auftritt, verleiht der Faser ein äußerst charakteristisches Aussehen.

Fig. 2.

Die Enden der Faser sind meist stumpf (Fig. 2a und d), zuweilen sogar deutlich abgerundet, und kommen sehr zahlreich unversehrt im Papier vor. Eine Gabelung der Enden, wie sie bei Fasern japanischer Papiere beobachtet wird, tritt nur außerordentlich selten auf. Eine weitgehende Zerfaserung der Zelle an den Bruchstellen, wie solche beispielsweise beim Hanf und Leinen sehr schön zu beobachten ist, ist hier selten zu bemerken; die Bruchenden sind meist glatt.

Außergewöhnliche Erscheinungen, die als eine Folge des mechanischen Prozesses der Fabrikation zu betrachten sind, treten natürlich hier wie bei vielen anderen Faserarten auf. So zeigt Fig. 2g eine Adansoniafaser, die in Folge ihres bandartig gewundenen Aussehens stark an die Baumwolle erinnert.

Die Länge der Bastzellen, gemessen an Zellen des unverarbeiteteten Bastes, schwankt von 2,8 bis 5,0 mm; als Mittel von 100 Längenmessungen wurde eine Länge von 4,2 mm gefunden.

Digitized by Google

Die Eingangs erwähnten braunen Flecke im Papier, welche ihm ein häßliches Aussehen verleihen, sind Gruppen von stark verkieselten Zellen, wie sie in Fig. 3 dargestellt sind; sie sind den Schlerenchymzellen des Strohs sehr ähnlich.

In dem vorliegenden Papier fanden sich außer den vorbeschriebenen Zellen noch Bruchstücke von Gefäßen vor (Fig. 4), sowie dünnwandige Parenchymzellen, ähnlich denen des Strohs, die man indessen wohl nicht als charakteristische Merkmale wird betrachten können. Wenn der Bast vor seiner Verarbeitung einer gründlichen mechanischen Reinigung unterzogen worden wäre, würden diese letzterwähnten Elemente wohl höchstens in Spuren im fertigen Papier aufzufinden sein. Soweit sich dies aus dem vorliegenden geringen Material der Rinde beurtheilen läßt, scheint auch der Hauptgrund, weshalb das Papier trotz der sorgfältigen Erzeugung ein unansehnliches, fleckiges Aussehen zeigte, in der unzureichenden mechanischen Bearbeitung der Rindentheile vor dem Kochen 2c. zu liegen. Wenn man die Rindenstücke nach allen Richtungen biegt und knickt, so fällt der größte Theil der Rindensubstanz heraus, und wenn man dieses Verfahren mit Hülfe von Maschinen ausführen könnte, so müßte es wohl gelingen, den Bast ziemlich frei von Beimengungen zu erhalten.

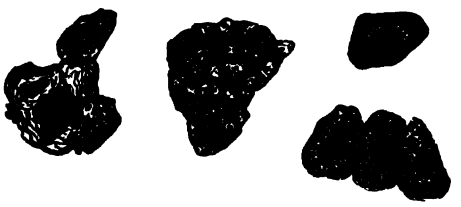


Fig. 3.

Fig. 4.

Verhalten der Faser gegen Kupferoxydammoniak.

Das Verhalten der Adansoniafaser gegen dieses Schweitzersche Reagens ist äußerst charakteristisch und von dem unserer gewöhnlichen Fasern entschieden abweichend; sie verhält sich diesem Lösungsmittel gegenüber ähnlich wie die japanischen Fasersorten; sie quillt, bevor sie in Lösung übergeht, stark auf, wobei sie theilweise ein sehr schön perlschnurartiges Aussehen annimmt (Fig. 5a). Die äußersten Schichten der Zelle bieten hierbei der Einwirkung der Quellungsflüssigkeit anfangs mehr Widerstand als die inneren, sie werden deshalb von diesen schneller aufquellenden zu Wulsten zusammengeschoben und sind noch zu bemerken, wenn die weniger widerstandsfähigen Schichten bereits in Lösung gegangen sind (Fig. 5c). Der Innenschlauch, welcher sich ebenfalls langsamer löst, spitzt sich hierbei meist scharf aus und zeigt oft morgensternähnliche Bildungen. (Fig. 5b)

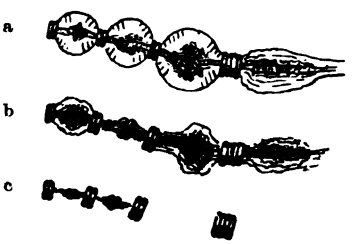


Fig. 5.

Statt der umständlichen Herstellung der Kupferoxydammoniakflüssigkeit aus frisch gefülltem Kupferoxydhydrat empfiehlt es sich, Kupferabfälle mit Ammoniak zu übergießen und etwa 24 Stunden stehen zu lassen; die blaue Lösung ist dann zum Gebrauch fertig und erweist sich gegen Zersetzung widerstandsfähiger als die auf andere Weise hergestellte.

Chromsäure (hergestellt aus saurem chromsauren Kali und konzentrirter Schwefelsäure) bringt an der Adansoniafaser ähnliche Erscheinungen hervor, wie sie Wiesner

Digitized by Google

für die Leinenfaser angiebt*). Läßt man diese Lösung einige Sekunden einwirken und drückt dann mit der Präparirnadel leicht auf das Deckgläschen oder verschiebt das Letztere ein wenig, so zerfällt die Faser theilweise in quer abgeschnittene erscheinende Stücke. Ich möchte aber davor warnen, dieser Reaktion, die, wie es scheint, in gewissem Grade bei allen Bastfasern auftritt, einen entscheidenden Werth beizulegen.

4. Aschengehalt verschiedener Papierrohstoffe.

Von W. Herzberg. Erster Assistent der Abtheilung für Papierprüfung.

Gelegentlich der im vergangenen Jahr in Fachkreisen vielfach stattgehabten Erörterungen, betreffend die Abänderung einiger Bestimmungen der preußischen Papier-Normalien, kam man auch auf den Aschengehalt der Papiere zu sprechen und vertrat die Ansicht, daß der zulässige Gehalt an mineralischen Rückständen bei Papieren der Stoffklasse I von 2 pCt. auf mindestens 3 pCt. erhöht werden müßte. Begründet wurde dieses Verlangen namentlich mit dem Hinweis auf eine in der Versuchsanstalt ausgeführte Prüfung zweier Schreibpapiere, die aus nahezu gleichem Stoff, jedenfalls aber nur aus reinen Lumpen, hergestellt waren, von denen das eine Harzleimung, das andere thierische Leimung erhalten hatte. Bei der Verbrennung ergab das erstere einen Aschengehalt von 0,9 pCt., das letztere indessen einen solchen von 3,1 pCt.**) Da von den zur Herstellung des Papiers benützten Lumpen keine mehr zu beschaffen waren, so konnte schwer eine befriedigende Aufklärung dieser auffälligen Erscheinung gegeben werden. Die Versuchsanstalt vertrat die Ansicht, daß vielleicht ein Theil der Lumpen, um sie bei ihrer früheren Verwendung feuersicher oder wasserdicht zu machen, mit anorganischen Imprägnirungsmitteln behandelt worden seien, die dann von der Faser so fest aufgenommen wurden, daß sie im Laufe der Verarbeitung zu Papier nicht wieder abgegeben werden konnten. Von anderer Seite wurde dies bezweifelt und die Behauptung aufgestellt, daß der hohe Aschengehalt in dem einen Fall durch einen ungewöhnlich hohen Gehalt der Faser selbst an mineralischen Stoffen bedingt sei. Die hierzu gegebenen Erklärungen waren indessen nicht derart, daß sie in überzeugender Weise die anderen Anschauungen verdrängen konnten.***) Auch hat der Versuchsanstalt ein anderer Fall zur Entscheidung vorgelegen, in dem thatsächlich der zu hohe Aschengehalt eines Papiers auf die Imprägnirung der zu seiner Herstellung verwendeten Lumpen zurückgeführt werden konnte; die letzteren zeigten einen Aschengehalt von 6 pCt., der durch Kochen und Bleichen nicht wesentlich vermindert werden konnte. Die Versuchsanstalt hat Veranlassung genommen, eine größere Anzahl von Papierrohstoffen (Lumpen, Halbstoffe, Cellulose und Holzschliff) auf ihren Aschengehalt zu untersuchen; die Ergebnisse sind im Nachfolgenden zusammengestellt.

*) Siehe Wiesner, Mikroskopische Untersuchung des Papiers, 1887, Seite 37 und Technische Mikroskopie Seite 38.

**) „Papier-Zeitung" 1888 Nr. 27 Seite 530.

***) In der hierzu gegebenen Analyse („Papier-Zeitung" 1888 Nr. 27) ist das vollständige Fehlen von Phosphorsäure auffällig.

Digitized by Google

Versuchs-Ergebnisse.

A. Lumpen.

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Lumpen	Aschengehalt*) %	Lfd. Nr.	Bezeichnung der Lumpen	Aschengehalt %
1	Hell Baumwolle	1,20	17	Weiß Leinen 4	4,45
2	Reine weiße Baumwolle	2,60	18	f. leinene Flicken	0,55
3	„ „ „	3,50	19	Halbweiß Leinen	3,20
4	Roth Cattun	3,50	20	„ „ 5	1,70
5	Blaue Strümpfe	4,90	21	„ „ 3	0,22
6	Weiße Strümpfe	1,03	22	„ „ 8	3,90
7	Cattun	0,75	23	„(Nähte)„ 4	3,30
8	„ 2 A	3,00	24	„ „ 1	0,60
9	„ 2 C	5,80	25	„ „ 2	1,20
10	Schmutzig Parchend	3,70	26	Sack 1	7,00
11	Weiß „	1,85	27	„ 2	3,55
12	Hellroth Halbleinen	1,50	28	„ 3	6,40
13	Braun „	3,24	29	„ 4	2,55
14	Gute Halbwolle	9,70	30	„ 5	4,12
15	Hellblau Leinen	1,10	31	Leinen V 3	3,33
16	Weiß Leinen I	1,20			

Mittlerer Aschengehalt = 3,06 %.

*) Die Bestimmungen wurden im Platintigel mit absolut trockenem Material ausgeführt.

B. Anderweitige Rohstoffe.

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Rohstoffes	Aschengehalt %	Lfd. Nr.	Bezeichnung des Rohstoffes	Aschengehalt %
1	Ungebleichtes Flachsgarn*) (Naßgespinnst)	1,25	6	Jute (roh)	0,56
			7	Jute (zu Pappe verarbeitet)	0,85
2	Hanfgarn (ungebleicht)	1,35	8	Baumwolle (Louisiana) ungebleicht	0,53—0,85
3	Russischer Hanf	1,41			
4	Italienischer Hanf	1,03	9	Espartogras	1,91—2,00
5	Badischer Hanf	0,69			

Mittlerer Aschengehalt = 1,11 %.

*) Vetillart sagt in seinen „Etudes sur les fibres vegetales", einem in Fachkreisen wegen seiner Gründlichkeit sehr geschätzten Werk, Seite 59—60: „Man hat gefunden, daß die Leinenfaser im Durchschnitt einen Aschengehalt von 1,78 % aufweist."

C. Halbzeuge.

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Halbzeuges	Aschengehalt %	Lfd. Nr.	Bezeichnung des Halbzeuges	Aschengehalt %
1	Leinen, gebleicht, Probe A	1,10	12	Leinen, ungebleicht, Nr. 3	1,03
2	„ „ „ B	0,36	13	„ „ „ 4	0,63
3	„ „ „ C	1,40	14	„ „ „ 5	1,58
4	„ „ „ D	1,86	15	Baumwolle, gebleicht, A	0,79
5	Weiß Leinen mittlerer Qualität, gebleicht	0,23—0,29	16	„ „ B	0,35
			17	Weiße Baumwolle, gebleicht	0,24
6	Blau Leinen, gebleicht	0,12—0,34	18	Bunte „ „	0,30—0,46
7	Sack, Probe A	0,80	19	Baumwolle, ungebleicht 1	1,13
8	„ „ B	0,70	20	„ „ 2	0,90
9	„ „ C	0,92	21	„ „ 3	0,24
10	Leinen, ungebleicht, Nr. 1	0,66	22	Hanfstricke, gebleicht	0,30
11	„ „ „ 2	0,40			

Mittlerer Aschengehalt = 0,74 %.

Digitized by Google

D. Zellstoffe*) und Holzschliff.

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Aschengehalt %	Lfd. Nr.	Bezeichnung	Aschengehalt %
1	Sulfitzellstoff, ungebleicht 1 . .	0,48	8	Strohzellstoff, gebleicht	0,86—1,22
2	„ „ 2 . .	0,51	9	Birkenzellstoff, ungebleicht . . .	0,65
3	„ gebleicht	0,42	10	„ gebleicht	1,57
4	Mitscherlich-Zellstoff, ungebleicht	1,35	11	Fichten-Holzschliff	0,43
5	Natronzellstoff, ungebleicht. . .	1,40	12	Kiefern- „	0,70
6	„ gebleicht. . . .	1,84	13	Espen- „	0,36—0,44
7	Strohzellstoff, ungebleicht . . .	2,30	14	Linden- „	0,40

Mittlerer Aschengehalt = 0,94 %.

*) Dr. A. Frank, Charlottenburg, giebt in einem interessanten Aufsatz „Aschengehalt von Sulfitcellulose und anderen Papierrohstoffen“ (Papier-Zeitung 1888 Nr. 45 Seite 898) eine Zusammenstellung über die mineralischen Rückstände von Zellstoffen, die nach verschiedenen Verfahren hergestellt sind. (Pictet, Graham, Mitscherlich 2c.)

Selbstverständlich können die mitgetheilten Werthe nicht als absolute aufgefaßt werden; sie sind beständigen Schwankungen unterworfen, wie auch bei einzelnen Rohstoffen, mit denen mehrere Bestimmungen ausgeführt wurden, zu bemerken ist. Schon die Pflanze selbst wird bei einer größeren Anzahl von Bestimmungen der mineralischen Rückstände abweichende Werthe ergeben, die man wohl auf klimatische Unterschiede und wechselnde Bodenbeschaffenheit zurückführen kann; und hierzu kommen die verschiedenartigsten stets schwankenden Einflüsse der Fabrikation.

Der theilweise sehr hohe Aschengehalt der Lumpen (Tabelle A) dürfte seine Ursache wohl in ihrer mechanischen Verunreinigung durch Sand, Erde 2c. finden, falls nicht künstliche Beschwerungen in betrügerischer Absicht vorgenommen worden sind.*) In beiden Fällen gehen dieselben im Laufe des Fabrikationsprozesses zum größten Theil verloren,**) wie die Tabelle C ergiebt; die dort aufgeführten Halbzeuge sind meist aus den Lumpen erzeugt worden, über welche in Tabelle A berichtet wurde.

Wie aus den Tabellen B—D weiter ersichtlich ist, nähert sich der mittlere Aschengehalt der reinen Rohstoffe, Halbzeuge, Cellulose und des Holzschliffes dem Werthe 1,0; es werden daher aus diesen dargestellte Papiere selten einen Aschengehalt von mehr als 2 pCt. aufweisen; die sonstigen Erfahrungen der Versuchsanstalt bestätigen dies auch. Bei der überaus großen Anzahl von Papieren ohne mineralische Zusätze, die auf ihren Aschengehalt untersucht wurden, fanden sich nur sehr wenige, welche einen 2 pCt. übersteigenden Gehalt an unverbrennlichen Bestandtheilen hatten; einige Einzelwerthe der Tabellen B—D lassen einen höheren Aschengehalt erklärlich erscheinen. Beispielsweise würde ein aus dem Stoff C 4 gearbeitetes Schreibpapier aller Wahrscheinlichkeit

*) Vergleiche C. Birnbaum, Rasche Zerstörung von Leinentüchern. „Badische Gewerbe-Zeitung 1882 Seite 30 und „Wagners Jahresberichte der chemischen Technologie“ Jhg. 22 Seite 936.

**) Die kräftige mechanische und chemische Bearbeitung befreit die Faser von den schädlichen Beimengungen; vor Einführung der maschinellen Verarbeitung und chemischer Agentien konnte natürlich diese Reinigung weit weniger durchgreifend sein, und deshalb kann es uns nicht Wunder nehmen, wenn wir Papiere aus vergangenen Jahrhunderten antreffen, die aus reinen Lumpen gearbeitet, dennoch einen Aschengehalt von beispielsweise 4 pCt. aufweisen.

Digitized by Google

nach beim Verbrennen mehr als 2 pCt. Rückstände liefern, weil der Stoff an sich schon 1,86 pCt. Asche ergiebt und die durch die Leimung hinzukommenden unverbrennlichen Bestandtheile sicher mehr als 0,14 pCt. ausmachen.

5. Ueber den Einfluß der Dicke auf die Festigkeitseigenschaften von Papier.

Von W. Herzberg. Erster Assistent der Abtheilung für Papierprüfung.

Eingehende, systematisch angelegte Versuche zur Bestimmung des Einflusses der Dicke auf die Werthe für Reißlänge und Bruchdehnung eines Papiers liegen zur Zeit noch nicht vor, wenigstens sind sie bisher der Oeffentlichkeit nicht übergeben worden. Nur kurze Bemerkungen über diesen Gegenstand finden sich hier und da in der Literatur vermerkt. So äußert sich Herr S. in der „Papier-Zeitung" 1888, Nr. 50, Seite 995, folgendermaßen: „Es ist eine bekannte Sache, daß das Gewicht des Papiers immerhin die Festigkeitseigenschaften beschränken kann, d. h, man wird finden können, daß ein aus gleichen Stoffen gleich erzeugtes Papier bei verschiedenen Dicken sich in seinen Festigkeiten etwas verschieden zeigen wird, was lediglich daher kommt, daß bei starken Papieren die Verfilzung nicht eine so innige werden kann, als bei den dünneren Papieren. Im Allgemeinen ist als Grenze ein Gewicht von 90 g auf den Quadratmeter anzunehmen." Diese vorsichtigen und allgemein gehaltenen Aeußerungen weisen darauf hin, daß der erwähnte Herr S. bei Prüfung verschieden starker Papiere die Wahrnehmung gemacht hat, daß diese nicht dieselben Werthe für Reißlänge und Bruchdehnung ergeben; eine Gesetzmäßigkeit scheinen die angestellten Versuche nicht geliefert zu haben, denn sonst würde sie wohl zum Ausdruck gebracht worden sein. Immerhin wäre es sehr interessant, wenn alle in dieser Beziehung schon angestellten Untersuchungen der öffentlichen Besprechung übergeben würden.

Die Frage über den Einfluß der Dicke ist ja an sich von großer Bedeutung für die Papier-Industrie und verdient daher wohl die Beachtung der betheiligten Kreise. Man hört vielfach die Behauptung, daß es nicht möglich ist, ein sehr schweres Papier zur Festigkeitsklasse 1 gehörig zu fabriziren.*)

Im Nachfolgenden sind einige Versuchsergebnisse mitgetheilt, die gelegentlich in der Versuchsanstalt gewonnen wurden und als Beitrag zur Beantwortung der obigen Frage dienen können.

Die Herren Brückner & Co. in Calbe a./S. stellten der Versuchsanstalt zwei Papiere derselben Stoffmischung, aus einer Bütte gearbeitet, aber verschieden im Gewicht, zur Verfügung; sie bestanden beide aus etwa 75 pCt. Leinen und 10 pCt. Baumwolle und 15 pCt. Holzcellulose, waren mit Harz geleimt und hatten 2,0 pCt. Aschengehalt; das leichtere war 12 kg pro 1000 Bogen schwer, das schwerere 16 kg. Die erwähnte Firma bemerkte bei der Uebersendung der Probe, daß sie die Erfahrung gemacht hätte, dünnere Papiere gäben bei den Festigkeitsprüfungen günstigere Resultate als dickere.

*) Unter den in der Versuchsanstalt geprüften, zur Festigkeitsklasse 1 gehörigen Papieren sind immerhin schon solche gewesen, die bis zu 136 g pro Quadratmeter schwer waren.

Digitized by Google

Versuchs-Ergebnisse.

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Papiers	Gewicht g/qm	Maschinenrichtung		Querrichtung		Mittlere		Zimmerwärme und feuchtigkeit
			Reißlänge km	Bruchdehnung pCt.	Reißlänge km	Bruchdehnung pCt.	Reißlänge km	Bruchdehnung pCt.	
1.	Schreib III 12 K pr. 1000 B.	89	4,85	2,0	3,48	3,4	4,17	2,7	15,8 C° 71 pCt.
2.	Schreib III 16 K pr. 1000 B.	117	4,58	2,2	3,23	4,4	3,91	3,3	17,5 C° 73 pCt.

Eine andere Gruppe von Versuchs-Ergebnissen wurde bei Prüfung eines Packpapiers, das in drei verschiedenen Stärken hergestellt war, gewonnen. Das Papier war aus reinem Sulfitzellstoff gefertigt, der noch eine sehr starke Holzschliffreaction zeigte, mithin noch einen Theil der die Cellulose begleitenden Bestandtheile enthielt; es war mit Harz geleimt und zeigte einen Aschengehalt, der von 0,5 bis 0,7 pCt. schwankte.

Versuchs-Ergebnisse.

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Papiers	Gewicht g/qm	Maschinenrichtung		Querrichtung		Mittlere		Zimmerwärme und feuchtigkeit
			Reißlänge km	Bruchdehnung pCt.	Reißlänge km	Bruchdehnung pCt.	Reißlänge km	Bruchdehnung pCt.	
1.	Packpapier	55	7,23	1,4	4,13	2,8	5,68	2,1	18,8 C° 68 pCt.
2.	„	90	6,96	1,8	4,02	4,1	5,49	3,0	18,8 C° 68 pCt.
3.	„	170	6,24	1,9	4,10	5,4	5,17	3,7	18,6 C° 64 pCt.

Wenn diese Untersuchungen an einer großen Anzahl von Papieren aus verschiedenen Rohstoffen und verschiedener Bearbeitung vorgenommen werden könnten, würden sich vielleicht recht interessante Ergebnisse über den Einfluß der Dicke herausstellen. Auf Grund der oben mitgetheilten Versuche, die sich nur auf zwei Papierqualitäten beziehen, läßt sich eine allgemein gültige Behauptung noch nicht aufstellen; es ist aber nicht unwahrscheinlich, daß man zu folgendem Schluß kommen wird:

Bei Papieren von gleicher Stoffzusammensetzung und gleicher Herstellungsart aber verschiedener Dicke nimmt die mittlere Reißlänge mit wachsender Dicke ab, während die mittlere Bruchdehnung zunimmt.

Wo nach beiden Seiten hin die Grenze liegt, denn, daß eine solche vorhanden sein muß, dürfte wohl unzweifelhaft sein, kann nur auf Grund einer sehr großen Anzahl von Prüfungen festgestellt werden.

Erst dann wird man sich auch zweckmäßig mit der Erörterung der Ursachen dieser Erscheinung befassen. Der Erzeuger des oben besprochenen Packpapiers sprach der Versuchsanstalt seine Ansicht dahin aus, daß die auffallend geringere Dehnung des dünnen Papiers dem dicken gegenüber nur auf den schnelleren Gang der Papiermaschine und das schnellere Trocknen auf derselben zurückgeführt werden könnte; auch der Zug der

Digitized by Google

Maschine, der dünnere Papiere natürlich mehr beeinflußt als dicke, sowie der Druck der Kalanderwalzen könnte von Einfluß sein.

Vielleicht tragen diese kurzen Mittheilungen dazu bei, hier und da im Schooße der Industrie für diese wichtige Frage einiges Interesse zu erwecken und der Versuchsanstalt neues Material zur weiteren Verfolgung der Sache zu verschaffen. Solche im wissenschaftlichen Interesse auszuführende Untersuchungen sind von Gebühren befreit und die Ergebnisse werden dem Einsender der Proben sofort nach der Prüfung mitgetheilt. Im vorliegenden Fall würde es sich nur um solche Proben handeln, die aus einer Bütte (Maschinenpapier) gearbeitet und nur im Gewicht für den Qudratmeter verschieden sind; je größer diese Verschiedenheit, um so besser, denn geringe Unterschiede werden durch die Ungleichmäßigkeit des Papiers selbst zu sehr beeinflußt.

IV. Mittheilungen aus der Prüfungsstation für Baumaterialien.

1. Untersuchungen von weißem Marmor aus den der Aktiengesellschaft für Marmorindustrie Kiefer in Kiefersfelden (Oberbayern) gehörigen Marmorbrüchen des Untersberges.

Vom Vorsteher Professor Dr. Böhme.

Die an den nordwestlichen Abhängen des sagenreichen Untersberges gelegenen Marmorbrüche gehören den Gosaubildungen an. Das gesammte Marmorlager zieht sich in Schichten von außergewöhnlicher Mächtigkeit 4 km am Untersberge entlang und zeichnet sich durch vorzügliche Qualität des Materials aus. Zugleich gestattet die leicht zugängliche Lage eine vortheilhafte Ausbeutung desselben. Bezüglich der Geschichte der Marmorbrüche, sowie der Verwendung des daraus gewonnenen Materials, macht die Aktiengesellschaft für Marmorindustrie nachstehende Angaben.

Die Brüche waren früher im Besitze der Erzbischöfe von Salzburg, gingen bei der Säkularisation an Oesterreich über und wurden vom Kaiser Franz dem König Ludwig I. von Bayern überlassen, nach dessen Tode Prinz Leopold von Bayern sie an den Freiherrn von Loewenstern, dieser wieder im Jahre 1887 an die Aktiengesellschaft für Marmorindustrie Kiefer in Kiefersfelden verkaufte.

Die in den Brüchen ausgegrabenen Werkzeuge und Münzen, die auf den alten römischen Heerstraßen vorgefundenen, aus diesem Material verfertigten Denkmäler und Meilensteine berechtigen zu der Annahme, daß bereits die Römer in diesen Brüchen gearbeitet haben.

Wenn schon die in den Museen von Wien und Salzburg aufbewahrten vorerwähnten Meilensteine u. s. w. von der Dauerhaftigkeit des Steines beredtes Zeugniß ablegen, so liefern noch mehr die Bauten aus dem 13. bis 15. Jahrhundert, unter welchen der mittelalterliche Theil der Salzburger Burg, die Nonnenberger Kirche be-

Digitized by Google

sonders hervorzuheben sind, ein gutes Bild, daß man schon damals die Eigenschaft des Steines als Baumaterial anerkannte und zu verwerthen verstand.

Mehr und mehr fand die gute Qualität und Verwendbarkeit des Steines Anklang. In Folge dessen nahm in der gesteigerten Bauthätigkeit des 16. bis 18. Jahrhunderts der Untersberger Marmor einen der ersten Plätze als Baustein ein. Blicken wir auf die glanzvollen Bauten der prachtliebenden Salzburger Fürsten, so finden wir das Material sowohl an den Portalen und Thürmen des Domes, wie an den Thoren der Residenz verwendet. Auch Rafael Donna wählte es zu seiner berühmten Marmortreppe im Schlosse Mirabell. Als eine der hervorragendsten Kunstschöpfungen jener Zeit ist der im Jahre 1664 von Antonio Dario erbaute sog. Hofbrunnen in Salzburg, mit Recht der schönste Brunnen Deutschlands genannt, zu erwähnen. Er zeigt so recht die kolossale Schichtengröße der Brüche, und auch die Wetterbeständigkeit des Materials. Der Brunnen, ausschließlich aus Untersberger Marmor gearbeitet, hat einen Durchmesser von 23 m. Die oberste Muschel, aus einem einzigen Stück gehauen, mit 5 m Durchmesser, die 4 Flußpferde, je aus einem Stück, repräsentiren zusammen einen Kubikinhalt von 60 kbm. Noch heute sieht man diese Arbeit nach über 200jährigem Bestande in dem regnerischen, stark wechselnden Klima des Salzburger Landes vollständig intakt.

Nicht nur zu Monumentalbauten, sondern auch vorzugsweise zu bildnerischen Zwecken wurde dieser Marmor in der damaligen Zeit bereits verwendet, wie die Statue des Erzbischofs Sigismund am nördlichen Eingang des Salzburger Neuthores und noch mehrere andere Statuen zeigen.

In diesem Jahrhundert hat König Ludwig I. den Untersberger Marmor bei seinen Bauten an der Glyptothek, Pinakothek, Ruhmeshalle, den Propyläen, Säulen der Basilika an der Walhalla bei Regensburg u. s. w. in den verschiedenartigsten Bearbeitungsweisen besonders zur Geltung gebracht und gerade diese beweisen, wie dankbar es ist, diesen Stein mit seinen zarten Mitteltönen zu verwenden.

Auch bis in die jüngsten Zeiten hinein hat derselbe seinen hervorragenden Platz behauptet. Wir finden ihn bei den Königlichen Bauten in Hohenschwangau, Linderhof, Herrenchiemsee.

Beim Bau der neuen k. k. Anatomie in Wien wurden die Sockel und Stufen aus diesem Material gefertigt, ebenso sämmtliche Seciertische dieser Anstalt, nachdem man aus 40 Mustern aller bekannten Marmorsorten die Qualität des Untersberger Marmors als die beste und homogenste für diesen Zweck durch eine Expertise von Architekten und Professoren auf chemischem Wege hatte festhalten lassen.

Ueber die Gewinnung des Rohmarmors und den Betrieb in den vier am Untersberge gelegenen, nachbenannten Brüchen ist zu bemerken:

I. Der Hofbruch liefert einen Marmor von zartrosa gefärbtem Ton, der ab und zu durch gelblichrothe und hellgelbe Stellen unterbrochen ist. Dieses Material kann zu allen Bauzwecken verwendet werden, und sind die rohen Blöcke in unbeschränktem Ausmaß, soweit es der Transport ermöglicht, zu gewinnen.

II. Der Neubruch oder auch Forellenmarmor, wegen seiner forellenartigen rothen Tupfen so genannt, besitzt eine gelblichgraue Farbe mit schwachen grünlichen Adern, rothen und weißlichen Tupfen, liefert ebenfalls Blöcke jeder Dimension. Derselbe findet Anwendung für alle Bauzwecke und wird auch für figürliche Arbeiten genommen.

Digitized by Google

III. Der Mittelbruch, neu geöffnet, ergiebt einen gelblich und röthlich gefärbten Marmor mit gelblichweißen kleinen Stellen und ist wie die anderen Sorten in jeder Dimension zu brechen. Die Anwendung ist ähnlich wie bei den vorhergehenden Steinen.

IV. Der Veitbruch ist ein Konglomerat-Marmor sehr feinen Gefüges, mit vorwiegend gelblichem Grund und rothen, schwarzen und weißen Einsprengungen; dieser Bruch ist seit längerer Zeit nicht mehr betrieben worden, liefert hauptsächlich Material für Bauquadern. Stücke von jeder Größe können auch hier gewonnen werden.

Bezüglich der Verwendung des Untersberger Marmors im Allgemeinen ist noch zu erwähnen, daß dieser sich sowohl für gedeckte Räume, als auch für Bauten im Freien eignet und eine schöne, stehende Politur annimmt.

Geschnittene Platten sind bis zu 10 mm Stärke herab herstellbar.

Die Central-Leitung, sowie der Sitz der Aktiengesellschaft für Marmorindustrie, in deren Besitz, wie vorher schon erwähnt ist, sich die genannten Brüche befinden, ist Kiefersfelden, während die Brüche der Direktion einer Filiale in Oberalm bei Hallein unterstehen.

Der Bruchbetrieb dehnt sich, wenn auch vorzüglich, doch nicht allein auf die Brüche am Untersberge, sondern auch auf die Adneter Brüche bei Hallein aus, wo der Marmor in seinen verschiedenen Farbennüancen in 14 Brüchen gewonnen wird.

Der Untersberger Marmor lagert in mächtigen, massiven, kompakten Schichten von 4—6 m Höhe, 12—20 m Länge und unbeschränkter Tiefe. Seine Gewinnung erfolgt, indem zunächst die Marmorbank mittelst Schrotte (Handarbeit) in Entfernungen von 4—6 m bis auf die jeweilige Schichtenstärke getheilt wird. Dann wird der Block mit englischen Winden vom Mutterlager freigemacht, auf Eisenkugeln gelegt und mittelst einer Zugmaschine von seinem Lager in Bruchtiefe gezogen. Blöcke von 120—230 cbm werden häufig auf diese Weise gewonnen, gelangen mit Hilfe der genannten Zugmaschine unter die im Freien arbeitende und transportable Drahtseilsäge und von dieser in die Diamantsägen am Bruche, durch welche die Blöcke nach den bestimmten Maaßen hergerichtet werden. Soweit die Blöcke nicht von der Säge behandelt sind, werden dieselben noch von Steinmetzen bossirt.

Eine Bremsbergbahn führt schließlich den Marmor aus den 120 m über der Thalsohle liegenden Brüchen zu den Transportwagen, um mittelst derselben nach der Eisenbahnstation geschafft zu werden.

Die Bearbeitung des Materials geschieht in den Fabriken zu Kiefersfelden und Oberalm. In der erstgenannten befindet sich ein Sägereibetrieb mit 14 Sägegattern, welche das ganze Jahr hindurch bei 24stündiger Arbeitszeit beschäftigt und mit cirka 600—800 einzelnen Sägeblättern besetzt sind. Das Schneiden der Blöcke in Platten erfolgt mittelst Sand und Wasser, während die Blöcke mit Diamant oder Drahtseilsägen behandelt werden, wobei bemerkt werden kann, daß die Leistung der Diamantsäge gegenüber der Sandsäge ungefähr eine zehnmal größere ist. Zur Erleichterung des Transportes von der Säge ist ein Laufkrahn angebracht. Nachdem die Blöcke und Platten in der Sägerei für ihre weitere Verwendung genügend vorgearbeitet sind, kommen sie auf Hobel- und Drehbänke, deren sich in Kiefersfelden 7 befinden. Das

Digitized by Google

feine Ausschleifen und Poliren geschieht hier auf 3 Schleif- und Polirmaschinen, soweit nicht dazu Nachhilfe durch Handarbeit nöthig ist.

Eine ausreichende Wasserkraft regelt den ganzen Betrieb und beträgt in Kiefersfelden 360 Pferdestärken, von welchen bis jetzt 120 ausgenützt sind.

Desgleichen ist in Oberalm eine Wasserkraft von 250 Pferdestärken vorhanden, wie überhaupt die Fabrik an diesem Orte mit den gleichen Einrichtungen ausgestattet ist, als die in Kiefersfelden. Es arbeiten dort 7 Vollgatter, während 18 Hobel- und Drehbänke aufgestellt sind.

Erwähnt sei noch, daß die Marmorabfälle zur Fabrikation von Mosaikplatten dienen oder in die Kalköfen am Untersberge gelangen, welche in stetem Betriebe sind.

Der Gesammtbetrieb in den Brüchen und Fabriken der Aktiengesellschaft beziffert sich auf zirka 500 Mann (Arbeiter) und stellen sich die Löhne wie folgt:

für Schrotter 2—2,50 Mark; Steinmetze 2—2,50 Mark; Tagwerker 2 Mark; Säger, Hobler und Dreher 2,50—3,50 Mark; Steinmetze (in den Fabriken) 3,50—5 Mark.

Die Untersuchung des mit amtlichem Ursprungszeugniß eingereichten Materials auf seine Festigkeits- und anderen Eigenschaften erfolgte auf einen im Auftrage der Aktiengesellschaft für Marmorindustrie Kiefer in Kiefersfelden eingebrachten Antrag des Herrn Architekten W. Martens in Berlin.

Die zu den Versuchen erforderlichen Probekörper sind aus dem Vollen mit der Säge herausgeschnitten, dann nachgeschliffen und in der Prüfungsstation auf der Diamant-Hobelmaschine justirt worden.

Die Ergebnisse der im Dezember 1889 ausgeführten Versuche sind im Auszuge durch die nachstehenden Tabellen zusammengefaßt, deren Veröffentlichung durch die oben genannte Gesellschaft bereitwilligst gestattet wurde.

Zu den Festigkeitsprüfungen wird noch bemerkt, daß die Versuche auf Zugfestigkeit und Druckfestigkeit des Untersberger Marmors nach der Beanspruchung durch Feuer auf besonderen Antrag der Firma zur Ausführung gelangten, weil es ihr in Bezug auf den Verwendungszweck des vorliegenden Materials auch zum inneren Ausbau bei Gebäuden darauf ankam, den Einfluß einer solchen Beanspruchung auf die Festigkeit desselben kennen zu lernen.

Die ermittelten Festigkeitswerthe für Zug, Druck und Bruch zeigen für den lufttrockenen Zustand die höchsten Zahlen, während bei den für die anderen Zustände benutzten Proben sich naturgemäß eine gewisse Abminderung dieser Zahlen herausstellt. Dieselbe ergiebt sich in Prozenten der Festigkeiten der Proben im lufttrockenen Zustande für:

	Zug	Druck	Bruch
durch die wassersatten Proben auf . .	7,3 %	2,8 %	6,6 %
durch die ausgefrorenen Proben			
bei Frost an der Luft auf	13,8 %	5,1 %	11,7 %
bei Frost unter Wasser auf	27,5 %	5,8 %	10,7 %
durch die im Feuer beanspruchten Proben			
bei langsamer Abkühlung auf	48,6 %	20,4 %	—
bei plötzlicher Abkühlung auf	67,0 %	27,2 %.	—

Digitized by Google

Zugfestigkeit

5 qcm Zerreißungsquerschnitt

lufttrocken		wassersatt		ausgefroren*) an der Luft		ausgefroren*) unter Wasser		nach Beanspruchung durch Feuer**) langsam abgekühlt		nach Beanspruchung durch Feuer**) plötzlich abgekühlt	
Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm
1	120,7	11	112,8	21	84,0	31	81,0	41	57,0		
2	105,6	12	104,4	22	99,6	32	75,0	42	51,6		
3	117,0	13	91,2	23	78,6	33	61,4	43	49,4		
4	85,2	14	100,8	24	91,8	34	78,0	44	66,6		
5	105.0	15	123,6	25	110,4	35	73,2	45	52,8		
6	125,4	16	107,8	26	103,8	36	78,0			46	35,8
7	90,0	17	91,2	27	105,6	37	96,0			47	31,6
8	111,0	18	93,6	28	87,0	38	73,8			48	39,2
9	114,6	19	90,0	29	92,4	39	87,6			49	31,4
10	111,0	20	90,6	30	87,0	40	82,8			50	40,8
Sa.	1 085,5		1 006,0		940,2		786,8		277,4		178,9
Mittel	109		101		94		79		56		36
Eigenes Gewicht	0,186 kg		0,187 kg		0,184 kg		0,183 kg		0,185 kg		0,186 kg

Druckfestigkeit (Würfel): Gedrückte Fläche = 25 qcm

lufttrocken in der Spaltrichtung		lufttrocken		wassersatt		ausgefroren*) an der Luft		ausgefroren*) unter Wasser		nach Beanspruchung durch Feuer**) langsam abgekühlt		nach Beanspruchung durch Feuer**) plötzlich abgekühlt	
Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm
51	1 449,5	61	1 884,3	71	1 772,8	81	1 862,0	91	1 717,1	101	1 416,0	111	1 460,6
52	1 672,5	62	1 772,8	72	1 918,9	82	1 705,9	92	1 828,6	102	1 572,1	112	1 349,1
53	1 717,1	63	1 829,7	73	1 862,0	83	1 661,3	93	1 806,3	103	1 527,5	113	1 282,3
54	1 672,5	64	1 906,6	74	1 817,4	84	1 795,1	94	1 873,2	104	1 549,8	114	1 527,5
55	1 694,8	65	1 862,0	75	1 884,3	85	2 063,7	95	1 784,0	105	1 505,2	115	1 416,0
56	1 672,5	66	1 884,3	76	1 906,6	86	1 884,3	96	2 029,3	106	1 583,3	116	1 338,0
57	1 627,9	67	2 107,3	77	1 951,2	87	1 973,5	97	1 739,4	107	1 494,1	117	1 404,9
58	1 561,0	68	1 973,5	78	1 817,4	88	1 728,2	98	1 984,7	108	1 605,6	118	1 382,6
59	1 471,8	69	2 129,6	79	1 985,8	89	1 884,3	99	1 694,8	109	1 561,0	119	1 449,5
60	1 650,2	70	2 018,1	80	1 906,6	90	1 829,7	100	1 784,0	110	1 583,6	120	1 494,1
Sa.	16 189,8		19 368,2		18 823,0		18 388,0		18 241,4		15 398,2		14 104,5
Mittel	1 619		1 937		1 882		1 839		1 824		1 540		1 410
Eigenes Gewicht	0,343 kg		0,346 kg		0,343 kg		0,344 kg		0,344 kg		0,344 kg		0,345 kg

*) Die zwanzig für die Frostversuche bestimmten Proben wurden zunächst 12 Stunden in Wasser gelegt; darauf wurden zehn von ihnen bei einer Temperatur von — 12° C. bis — 15° C. 25 Stunden dem Frost an der Luft, die übrigen zehn bei derselben Temperatur 25 Stunden dem Frost unter Wasser ausgesetzt, ohne Risse und ohne Gewichtsverluste zu erleiden.

**) Die durch Feuer beanspruchten Proben wurden zunächst eine Stunde in einem Trockenofen vorgewärmt und 3 Stunden durch Steinkohlenfeuer auf Dunkelroth-Glühhitze erhalten. Darauf wurde die halbe Anzahl der Proben durch Einwerfen in Wasser plötzlich, die übrigen an der Luft langsam zur Abkühlung gebracht.

Digitized by Google

$l = 20$ cm. **Bruchfestigkeit (Platten):** Abmessungen: 25.12.3 cm. $W = \frac{bh^2}{6} = 18$.

Nr.	lufttrocken: Belast. P in der Mitte kg	lufttrocken: Bruch bei $k = \frac{Pl}{4W}$ kg pro qcm	Nr.	wassersatt: Belast. P in der Mitte kg	wassersatt: Bruch bei $k = \frac{Pl}{4W}$ kg pro qcm	Nr.	ausgefroren*) an der Luft: Belast. P in der Mitte kg	ausgefroren*) an der Luft: Bruch bei $k = \frac{Pl}{4W}$ kg pro qcm	Nr.	ausgefroren*) unter Wasser: Belast. P in der Mitte kg	ausgefroren*) unter Wasser: Bruch bei $k = \frac{Pl}{4W}$ kg pro qcm
121	724,1	201,1	131	612,7	170,2	141	724,1	201,1	151	835,5	232,1
122	724,1	201,1	132	751,9	208,9	142	557,0	154,7	152	612,7	170,2
123	668,4	185,7	133	501,3	139,3	143	696,2	193,4	153	668,4	185,7
124	891,2	247,6	134	640,5	177,9	144	584,8	162,4	154	584,8	162,4
125	751,9	208,9	135	668,4	185,7	145	612,7	170,2	155	891,2	247,6
126	696,2	193,4	136	724,1	201,1	146	835,5	232,1	156	501,3	139,3
127	612,7	170,2	137	557,0	154,7	147	612,7	170,2	157	612,7	170,2
128	668,4	185,7	138	779,8	216,6	148	557,0	154,7	158	557,0	154,7
129	668,4	185,7	139	696,2	193,4	149	501,3	139,3	159	515,2	143,1
130	696,2	193,4	140	696,2	193,4	150	584,8	162,4	160	570,9	158,6
Sa.	7 101,6	1 972,8		6 628,1	1 841,2		6 266,1	1 740,5		6 349,7	1 763,9
Mittel	710	197		663	184		627	174		635	176
Eigenes Gewicht	2,357 kg			2,351 kg			2,397 kg			2,381 kg	

Wasseraufnahmebestreben, Spezifisches Gewicht, Abnutzbarkeit.

Im Mittel aus 10 Versuchen betrug in Kilogrammen ausgedrückt

das Gewicht der Zugproben: beim Eintreffen	25 Stunden auf heißen Eisenplatten getrocknet	12 Stunden im Wasser gelegen	100 Stunden im Wasser gelegen	125 Stunden im Wasser gelegen	die Wasseraufnahme: pro Versuchsstück nach 125 Stunden	pro 1 kg Probengewicht nach 125 Stunden	in % des Gewichts nach 12 Std.	in % des Gewichts nach 125 Std.
0,187	0,187	0,187	0,187	0,187	0,001	0,0037	0,27	0,27
das Gewicht der Druckproben:					die Wasseraufnahme:			
0,341	0,341	0,342	0,342	0,343	0,002	0,0044	0,29	0,44
das Gewicht der Platten:					die Wasseraufnahme:			
2,347	2,346	2,350	2,350	2,351	0,005	0,0029	0,17	0,22

Das spezifische Gewicht des Materials ergab sich im Mittel aus drei Versuchen auf 2,596.

Die Versuche auf Abnutzbarkeit ergaben für 30 kg Belastung des Probestückes von 50 qcm Schleiffläche, 450 Umgänge der Schleifscheibe (unter Anwendung von 20 g Naxos-Smirgel Nr. 3 auf je 22 Scheibenumgänge) für den Schleifradius von 22 cm (bei einer Umlaufgeschwindigkeit von 22 Umgängen pro Minute) und bei dem Eigengewicht der beiden Probestücke von I: 966,2 g; II: 953,8 g mit dem spezifischen Gewicht 2,596:

die Abnutzung für Versuch I: $17{,}5 + 15{,}2 + 15{,}4 + 14{,}3 = 62{,}4$ g $= \frac{62{,}4}{2{,}596}$ ccm $= 24{,}0$ ccm;

" " " " II: $16{,}3 + 16{,}0 + 15{,}8 + 16{,}1 = 64{,}2$ g $= \frac{64{,}2}{2{,}596}$ ccm $= 24{,}7$ ccm.

Digitized by Google

2. Untersuchungen von weißem Sandstein aus einem dem Herrn Steinmetzmeister Carl Schilling in Berlin gehörigen Steinbruche in Friedersdorf bei Cudova (Heuscheuergebirge).

Vom Vorsteher Professor Dr. Böhme.

Das einer ausführlichen Untersuchung, deren Resultate nachstehend zusammengefaßt sind, unterworfene Material stammt aus dem Steinbruche in Friedersdorf, dessen Verwaltungsbureau sich in Rückers (Grafschaft Glatz) befindet. Seitens des Herrn Antragstellers, welcher zur Veröffentlichung der aus den Prüfungen gewonnenen Ergebnisse seine Zustimmung bereitwilligst ertheilte, sind betreffs des Steinbruchbetriebes folgende Angaben gemacht worden.

Der fragliche Sandstein steht in mächtigen Felsen und kann in jeder gewünschten Dimension vollständig gleichmäßig in Korn und Farbe gewonnen werden. Dieser Eigenschaften sowohl, wie seiner Härte und Wetterbeständigkeit wegen hat derselbe auch am Reichstagsbau zu Berlin, zum Bau der Technischen Hochschule in Charlottenburg sowie überhaupt zu vielen Monumental-, größeren Brücken-, Kasernenbauten und Verwaltungsgebäuden Verwendung gefunden.

In dem Steinbruche zu Friedersdorf, in welchem die Einrichtungen derart getroffen sind, daß jährlich bis zu 5000 cbm Stein gewonnen werden können, sind gegenwärtig 150 Arbeiter beschäftigt.

Die ermittelten Festigkeitswerthe für Druck und Bruch zeigen für den lufttrockenen Zustand die höchsten Zahlen, während bei den für die anderen Zustände benutzten Proben sich naturgemäß eine gewisse Abminderung dieser Zahlen herausstellt. Dieselbe ergiebt sich in Prozenten der Festigkeiten der Proben für den lufttrockenen Zustand für:

	Druck	Bruch
durch die wassersatten Proben auf	9,7 %	14,3 %
durch die ausgefrorenen Proben		
bei Frost an der Luft auf	12,8 %	14,3 %
bei Frost unter Wasser auf	15,4 %	17,0 %
durch die im Feuer beanspruchten Proben		
bei langsamer Abkühlung auf	19,5 %	—
bei plötzlicher Abkühlung auf	26,1 %	—

Digitized by Google

Druckfestigkeit (Würfel):
gedrückte Fläche = 36 qcm

lufttrocken in der Spaltrichtung ∥		lufttrocken in der Lagerrichtung ⊥		wassersatt		ausgefroren*) an der Luft		ausgefroren*) unter Wasser		nach Beanspruchung durch Feuer**) langsam abgekühlt		nach Beanspruchung durch Feuer**) plötzlich abgekühlt	
Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm
1	914,5	11	1 070,5	21	976,5	31	961,0	41	914,5	51	837,0		
2	883,5	12	1 007,5	22	930,0	32	1 054,0	42	976,5	52	914,5		
3	914,5	13	1 054,0	23	852,5	33	976,5	43	914,5	53	899,0		
4	883,5	14	1 085,0	24	930,0	34	914,5	44	930,0	54	821,5		
5	852,5	15	1 088,5	25	914,5	35	883,5	45	883,5	55	883,5		
6	759,5	16	1 116,0	26	1 054,0	36	930,0	46	1 007,5			56	775,0
7	899,0	17	1 100,5	27	1 023,0	37	899,0	47	961,0			57	821,5
8	837,0	18	1 147,0	28	1 085,0	38	883,5	48	899,0			58	806,0
9	914,5	19	1 085,0	29	1 054,0	39	992,0	49	821,5			59	759,5
10	899,0	20	1 116,0	30	945,5	40	945,5	50	837,0			60	837,0
Sa	8 757,5		10 820,0		9 765,0		9 439,5		9 145,0		4 355,5		3 999,0
Mittel.	876		1 082		977		944		915		871		800
Eigenes Gewicht	0,474 kg		0,475 kg		0,453 kg		0,470 kg		0,485 kg		0,462 kg		0,466 kg

l = 20 cm

Bruchfestigkeit (Platten): $W = \frac{bh^2}{6} = 18.$
Abmessungen: 25 . 12 . 3 cm.

lufttrocken			wassersatt			ausgefroren*) an der Luft			ausgefroren*) unter Wasser		
Nr.	Belast. P in der Mitte kg	Bruch bei $k = \frac{Pl}{4W}$ kg pro qcm	Nr.	Belast. P in der Mitte kg	Bruch bei $k = \frac{Pl}{4W}$ kg pro qcm	Nr.	Belast. P in der Mitte kg	Bruch bei $k = \frac{Pl}{4W}$ kg pro qcm	Nr.	Belast. P in der Mitte kg	Bruch bei $k = \frac{Pl}{4W}$ kg pro qcm
61	278,5	77,4	71	269,8	74,9	81	279,8	77,7	91	236,8	65,8
62	334,2	92,8	72	228,4	63,4	82	216,0	60,0	92	216,4	60,1
63	278,5	77,4	73	240,6	66,8	83	244,6	67,9	93	209,6	58,2
64	270,4	75,1	74	249,2	69,2	84	226,4	62,9	94	223,4	62,1
65	270,0	75,0	75	223,4	62,1	85	222,0	61,7	95	256,0	71,1
66	270,4	75,1	76	252,2	70,1	86	224,0	62,2	96	264,5	73,5
67	264,4	73,4	77	235,5	65,4	87	283,2	78,7	97	204,8	56,9
68	265,8	73,8	78	221,3	61,5	88	220,5	61,3	98	229,4	63,7
69	272,2	75,6	79	238,4	66,2	89	228,8	63,6	99	232,2	64,5
70	255,0	70,8	80	226,5	62,9	90	226,4	62,9	100	220,3	61,2
Sa.	2 759,4	766,4		2 385,3	662,5		2 371,7	658,9		2 293,4	637,1
Mittel	276	77		239	66		237	66		229	64
Eigenes Gewicht	2,291 kg			2,258 kg			2,171 kg			2,239 kg	

*) Die zwanzig für die Frostversuche bestimmten Proben wurden zunächst 12 Stunden in Wasser gelegt; darauf wurden zehn von ihnen bei einer Temperatur von — 12° C. bis — 15° C. 25 Stunden dem Frost an der Luft, die übrigen zehn bei derselben Temperatur 25 Stunden dem Frost unter Wasser ausgesetzt, ohne Risse und ohne Gewichtsverluste zu erleiden.
**) Die zehn durch Feuer beanspruchten Proben wurden zunächst eine Stunde in einem Trockenofen vorgewärmt und 8 Stunden durch Steinkohlenfeuer auf Dunkelroth-Glühhitze erhalten. Darauf wurden 5 Proben durch Einwerfen in Wasser plötzlich, die übrigen 5 an der Luft langsam zur Abkühlung gebracht.

Digitized by Google

Wasseraufnahmebestreben, specifisches Gewicht, Abnutzbarkeit.

Im Mittel aus 10 Versuchen betrug in Kilogrammen ausgedrückt

das Gewicht der Druckproben:					die Wasseraufnahme:			
beim Eintreffen	25 Stunden auf heißen Eisenplatten getrocknet	12 Stunden im Wasser gelegen	100 Stunden im Wasser gelegen	125 Stunden im Wasser gelegen	pro Versuchsstück nach 125 Stunden	pro 1 kg Probengew. nach 125 Stunden	in % des Gewichts nach 12 Std.	in % des Gewichts nach 125 Std.
0,443	0,441	0,453	0,453	0,453	0,012	0,027	2,6	2,7
das Gewicht der Platten:					die Wasseraufnahme:			
2,212	2,203	2,251	2,257	2,258	0,054	0,025	2,2	2,5

Das specifische Gewicht des Materials ergab sich im Mittel aus drei Versuchen auf 2,347.

Die Versuche auf Abnutzbarkeit ergaben für 30 kg Belastung des Probestückes von 50 qcm Schleiffläche, 450 Umgänge der Schleifscheibe (unter Anwendung von 20 g Naxos-Smirgel Nr. 3 auf je 22 Scheibenumgänge) für den Schleifradius von 22 cm (bei einer Umlaufgeschwindigkeit von 22 Umgängen pro Minute) und bei einem Eigengewicht der beiden Probestücke von I: 816,5 g, II: 773,1 g mit dem specifischen Gewicht 2,347

Die Abnutzung für Versuch I: $10{,}0 + 9{,}0 + 9{,}6 + 9{,}6 = 38{,}2\ \text{g} = \frac{38{,}2}{2{,}347}\ \text{ccm} = 16{,}3\ \text{ccm}.$

„ „ „ „ II: $9{,}6 + 8{,}8 + 8{,}0 + 8{,}3 = 34{,}7\ \text{g} = \frac{34{,}7}{2{,}347}\ \text{ccm} = 14{,}8\ \text{ccm}.$

3. Untersuchungen von sechs Bruchsteingattungen aus den dem Herrn Rud. Ebert zu Wurzen i. Sachsen gehörigen Steinbrüchen.

Vom Vorsteher Professor Dr. Böhme.

Herr Rud. Ebert in Wurzen hat im Sommer 1888 die Materialien aus seinen sechs Steinbrüchen den nachstehend angegebenen Versuchen unterwerfen lassen und die Veröffentlichung der Ergebnisse bereitwilligst gestattet. Die Bruchsteine entstammten, den urkundlichen Angaben gemäß,

I. dem Altenhainer Frauenberg-Steinbruch, etwa 250 m südöstlich der Straße von Altenhain nach Polenz gelegen;

II. dem Steinbruch Butterberg bei dem Dorfe Altenhain bei Grimma, am südlichen Abhange des Butterberges;

III. dem Steinbruch zu Ammelshain, am südlichen Abhange des Haselberges, nördlich von Ammelshain;

IV. dem Pacht-Steinbruch an der alten Potenzer-Straße, an der Westseite des großen Frauenberges in der Altenhainer Flur;

V. dem Pacht-Steinbruch „Großer Frauenberg" in der Altenhainer Flur etwa 250 m südöstlich der Straße von Altenhain nach Polenz;

VI. dem Steinbruch bei Wehrsdorf (Oberlausitz).

Die Steinbrüche I bis V liefern ein Material, welches angeblich als Porphyr in den Handel kommt, während der unter VI genannte ein Granitbruch ist.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind durch die nachstehenden Tabellen zusammengefaßt. Die für die Versuche nach der Beanspruchung durch Frost und Feuer bestimmten Proben wurden in der vorher bereits angegebenen Form behandelt.

Digitized by Google

I. Porphyr aus dem Altenhainer Frauenberg-Steinbruche.

Druckfestigkeit (Würfel):

lufttrocken		wassersatt		ausgefroren an der Luft		ausgefroren unter Wasser		nach Beanspruchung durch Feuer: gedrückte Fläche 28,25 qcm, langsam abgekühlt		nach Beanspruchung durch Feuer: gedrückte Fläche 28,25 qcm, plötzlich abgekühlt	
Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm
1	1 962,4	11	2 151,9	21	1 772,8			31	1 717,1		
2	2 296,9	12	2 129,6	22	2 018,1			32	1 940,1		
3	2 252,3	13	2 018,1	23	1 862,0			33	1 873,2		
4	2 073,9	14	2 129,6	24	1 817,4			34	1 806,3		
5	1 940,1	15	1 928,9	25	1 862,0			35	1 784,0		
6	2 118,5	16	1 817,4			26	1 795,1			36	1 694,8
7	2 073,9	17	1 862,0			27	2 129,6			37	1 828,6
8	1 850,9	18	1 906,6			28	1 862,0			38	1 605,6
9	2 207,7	19	1 772,8			29	1 906,7			39	1 516,4
10	2 140,8	20	1 795,1			30	1 973,5			40	1 739,4
Sa.	20 917,4		19 512,0		9 332,3		9 666,9		9 120,7		8 384,8
Mittel	2 092		1 951		1 866		1 933		1 824		1 677
Eigenes Gewicht	0,311 kg		0,315 kg		0,310 kg		0,316 kg		0,442 kg		0,443 kg

Die Wasseraufnahme betrug im Mittel aus 10 Versuchen in % des Gewichts nach 12 Stunden $0_{,48}$, nach 125 Stunden $0_{,61}$.
Das spezifische Gewicht des Materials ergab sich im Mittel aus drei Versuchen auf $2_{,666}$.
Die Versuche auf Abnutzbarkeit ergaben für die beiden Probestücke mit dem Eigengewicht von $959_{,7}$ g, bezw. $965_{,2}$ g und dem spezifischen Gewicht $2_{,666}$

Die Abnutzung für Versuch I: $5_{,0} + 4_{,8} + 4_{,9} + 4_{,7} = 19_{,4}$ g $= \frac{19_{,4}}{2_{,666}}$ ccm $= 7_{,3}$ ccm.

„ „ „ „ II: $5_{,0} + 4_{,7} + 4_{,6} + 4_{,6} = 18_{,9}$ g $= \frac{18_{,9}}{2_{,666}}$ ccm $= 7_{,1}$ ccm.

II. Porphyr aus dem Steinbruche Butterberg bei dem Dorfe Altenhain bei Grimma.

Druckfestigkeit (Würfel): Gedrückte Fläche = 25 qcm

lufttrocken		wassersatt		ausgefroren an der Luft		ausgefroren unter Wasser		nach Beanspruchung durch Feuer: langsam abgekühlt		nach Beanspruchung durch Feuer: plötzlich abgekühlt	
Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm
1	2 408,4	11	2 185,4	21	2 140,8			31	1 739,4		
2	2 475,3	12	2 363,8	22	2 252,3			32	2 073,9		
3	2 274,6	13	2 073,9	23	2 296,9			33	2 029,3		
4	2 497,6	14	2 051,6	24	2 073,9			34	2 096,2		
5	2 096,2	15	2 085,0	25	2 163,1			35	2 140,8		
6	2 341,5	16	2 586,8			26	2 118,5			36	1 717,1
7	2 319,2	17	2 386,1			27	1 850,9			37	1 494,1
8	2 341,5	18	2 252,3			28	2 185,4			38	1 873,2
9	2 319,2	19	2 230,0			29	2 073,9			39	1 561,0 [1]
10	2 386,1	20	2 408,4			30	2 029,3			40	1 627,9
Sa.	23 459,6		22 623,3		10 927,0		10 258,0		10 079,6		8 273,3
Mittel	2 346		2 262		2 185		2 052		2 016		1 655
Eigenes Gewicht	0,339 kg		0,340 kg		0,336 kg		0,338 kg		0,332 kg		0,328 kg

[1]) Zeigte einige Risse.
Die Wasseraufnahme betrug im Mittel aus 10 Versuchen in % des Gewichts nach 12 Stunden $0_{,24}$, nach 125 Stunden $0_{,36}$.
Das spezifische Gewicht des Materials ergab sich im Mittel aus drei Versuchen auf $2_{,666}$.
Die Versuche auf Abnutzbarkeit ergaben für die beiden Probestücke mit dem Eigengewicht von $969_{,2}$ g, bezw. $951_{,0}$ g und dem spezifischen Gewicht $2_{,666}$

Die Abnutzung für Versuch I: $4_{,2} + 3_{,8} + 4_{,0} + 3_{,3} = 15_{,6}$ g $= \frac{15_{,6}}{2_{,666}}$ ccm $= 5_{,9}$ ccm.

„ „ „ „ II: $4_{,5} + 4_{,1} + 4_{,0} + 4_{,0} = 16_{,6}$ g $= \frac{16_{,6}}{2_{,666}}$ ccm $= 6_{,2}$ ccm.

Digitized by Google

III. Porphyr aus dem Steinbruche zu Ammelshain.

Druckfestigkeit (Würfel): Gedrückte Fläche = 25 qcm

lufttrocken		wassersatt		ausgefroren an der Luft		ausgefroren unter Wasser		nach Beanspruchung durch Feuer langsam abgekühlt		nach Beanspruchung durch Feuer plötzlich abgekühlt	
Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm
1	3 367,3	11	2 542,2	21	2 330,3			31	2 475,3		
2	3 389,6	12	2 709,4	22	2 899,0			32	2 363,8		
3	3 283,5	13	2 497,6	23	2 430,7			33	2 631,4		
4	3 278,1	14	2 865,5	24	2 280,0			34	2 542,2		
5	2 876,7	15	2 965,9	25	2 776,3			35	2 430,7		
6	2 965,9	16	2 441,8			26	2 564,5			36	2 140,3
7	2 776,3	17	2 631,4			27	2 374,9			37	2 519,9
8	2 653,7	18	2 542,2			28	2 519,9			38	2 007,0
9	2 709,4	19	2 519,9			29	2 988,2			39	2 475,3
10	3 010,5	20	2 586,8			30	2 453,0			40	2 319,2
Sa.	30 261,0		26 302,7		12 666,3		12 900,5		12 443,4		11 462,2
Mittel	3 026		2 630		2 533		2 580		2 489		2 292
Eigenes Gewicht	0,350 kg		0,349 kg		0,346 kg		0,354 kg		0,346 kg		0,346 kg

Die Wasseraufnahme betrug im Mittel aus 10 Versuchen in % des Gewichts nach 12 Stunden $0_{,14}$, nach 125 Stunden $0_{,14}$.
Das spezifische Gewicht des Materials ergab sich im Mittel aus drei Versuchen auf $2_{,699}$.
Die Versuche auf Abnutzbarkeit ergaben für die beiden Probestücke mit dem Eigengewicht von $979_{,6}$ g bezw. $1026_{,4}$ g und dem spezifischen Gewicht $2_{,699}$

Die Abnutzung für Versuch I: $4_{,5}+4_{,0}+4_{,0}+4_{,0}=16_{,5}$ g $=\frac{16_{,5}}{2_{,699}}$ ccm $=6_{,2}$ ccm.

„ „ „ „ II: $4_{,6}+4_{,3}+4_{,4}+4_{,2}=17_{,5}$ g $=\frac{17_{,5}}{2_{,699}}$ ccm $=6_{,6}$ ccm.

IV. Porphyr aus dem an der alten Potenzer Straße am großen Frauenberge in der Altenhainer Flur gelegenen neuen Pacht-Steinbruche.

Druckfestigkeit (Würfel): Gedrückte Fläche = 25 qcm

lufttrocken		wassersatt		ausgefroren an der Luft		ausgefroren unter Wasser		nach Beanspruchung durch Feuer langsam abgekühlt		nach Beanspruchung durch Feuer plötzlich abgekühlt	
Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm
1	2 542,2	11	1 984,7	21	2 107,3			31	1 694,8		
2	2 341,5	12	2 029,3	22	2 040,4			32	2 051,6		
3	2 386,1	13	2 029,3	23	2 062,7			33	1 784,0		
4	2 319,2	14	2 475,3	24	2 196,5			34	1 873,2		
5	2 519,9	15	2 453,0	25	1 928,9			35	1 828,6		
6	2 430,7	16	2 140,8			26	2 063,7			36	1 382,6
7	2 564,5	17	2 073,9			27	2 140,8			37	1 829,7
8	2 453,0	18	2 252,3			28	2 085,0			38	1 338,0
9	2 475,3	19	2 029,3			29	2 040,4			39	1 806,3
10	2 609,1	20	2 207,7			30	2 107,3			40	1 471,8
Sa.	24 641,5		21 675,6		10 335,8		10 437,2		9 232,9		7 828,4
Mittel	2 464		2 168		2 067		2 087		1 846		1 566
Eigenes Gewicht	0,326 kg		0,331 kg		0,327 kg		0,328 kg		0,325 kg		0,329 kg

Die Wasseraufnahme betrug im Mittel aus 10 Versuchen in % des Gewichts nach 12 Stunden $0_{,30}$, nach 125 Stunden $0_{,38}$.
Das spezifische Gewicht des Materials ergab sich im Mittel aus drei Versuchen auf $2_{,693}$.
Die Versuche auf Abnutzbarkeit ergaben für die beiden Probestücke mit dem Eigengewicht von $873_{,0}$ g, bezw. $889_{,6}$ g und dem spezifischen Gewicht $2_{,693}$

Die Abnutzung für Versuch I: $4_{,6}+4_{,3}+3_{,7}+4_{,4}=17_{,0}$ g $=\frac{17_{,0}}{2_{,693}}$ ccm $=6_{,3}$ ccm.

„ „ „ „ II: $4_{,3}+4_{,1}+4_{,0}+4_{,4}=17_{,8}$ g $=\frac{17_{,8}}{2_{,693}}$ ccm $=6_{,3}$ ccm.

Digitized by Google

V. Porphyr aus dem in der Altenhainer Flur gelegenen Pacht-Steinbruche Großer Frauenberg.

Druckfestigkeit (Würfel): Gedrückte Fläche = 25 qcm

lufttrocken		wassersatt		ausgefroren an der Luft		ausgefroren unter Wasser		nach Beanspruchung durch Feuer langsam abgekühlt		nach Beanspruchung durch Feuer plötzlich abgekühlt	
Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm
1	2 007,0	11	1 828,6	21	2 096,2			31	1 739,4		
2	2 368,8	12	1 917,8	22	1 739,4			32	1 784,0		
3	2 118,5	13	2 007,0	23	1 962,4			33	1 694,8		
4	2 051,6	14	2 118,5	24	1 672,5			34	1 917,8		
5	1 962,4	15	2 073,9	25	1 806,3			35	1 672,5		
6	1 917,8	16	2 319,2			26	1 717,1			36	1 449,5
7	2 497,6	17	1 806,3			27	2 140,8			37	1 850,9
8	2 007,0	18	1 873,2			28	1 850,9			38	1 516,4
9	2 519,9	19	1 828,6			29	1 917,3			39	1 315,7
10	2 274,6	20	1 962,4			30	1 895,5			40	1 382,6
Sa.	21 720,2		19 735,5		9 276,8		9 522,1		8 808,5		7 515,1
Mittel	2 172		1 974		1 855		1 904		1 762		1 503
Eigenes Gewicht	0,322 kg		0,325 kg		0,320 kg		0,322 kg		0,314 kg		0,314 kg

Die Wasseraufnahme betrug im Mittel aus 10 Versuchen in % des Gewichts nach 12 Stunden $0_{,49}$, nach 125 Stunden $0_{,56}$.
Das spezifische Gewicht des Materials ergab sich im Mittel aus drei Versuchen auf $2_{,660}$.
Die Versuche auf Abnutzbarkeit ergaben für die beiden Probestücke mit dem Eigengewicht von $907_{,3}$ g, bezw. $912_{,1}$ g und dem spezifischen Gewicht $2_{,660}$

Die Abnutzung für Versuch I: $4_{,5} + 4_{,2} + 4_{,6} + 4_{,4} = 17_{,1}$ g $= \frac{17_{,1}}{2_{,660}}$ ccm $= 6_{,4}$ ccm.

„ „ „ „ II: $4_{,1} + 4_{,4} + 4_{,3} + 4_{,6} = 17_{,4}$ g $= \frac{17_{,4}}{2_{,660}}$ ccm $= 6_{,7}$ ccm.

VI. Granit aus dem Steinbruche bei Wehrsdorf (Oberlausitz).

$1 = 20$ cm Bruchfestigkeit Abmessungen: $25 \cdot 12 \cdot 3$ cm $W = \frac{b\,h^2}{6} = 18$

Druckfestigkeit (Würfel): Gedrückte Fläche = 25 qcm

lufttrocken			wassersatt			lufttrocken		wassersatt		ausgefroren an der Luft		ausgefroren unter Wasser	
Nr.	Belast. P in der Mitte kg	Bruch bei $k = \frac{Pl}{4W}$ kg pro qcm	Nr.	Belast. P in der Mitte kg	Bruch bei $k = \frac{Pl}{4W}$ kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm	Nr.	Zerstörung bei kg pro qcm
1	570,0	158,3				11	1 471,8	21	1 248,8	31	1 137,3		
2	501,3	139,2				12	1 226,5	22	1 293,4	32	1 271,1		
3	589,9	163,9				13	1 159,6	23	1 271,1	33	1 293,4		
4	668,4	185,6				14	1 271,1	24	1 360,3	34	1 204,2		
5	724,1	201,1				15	1 360,3	25	1 293,4	35	1 360,3		
			6	501,3	139,2	16	1 516,4	26	1 271,1			36	1 181,9
			7	668,4	185,6	17	1 471,8	27	1 404,9			37	1 404,9
			8	668,4	185,6	18	1 494,1	28	1 293,4			38	1 181,9
			9	557,0	154,7	19	1 538,7	29	1 382,6			39	1 338,0
			10	501,3	139,2	20	1 427,2	30	1 248,8			40	1 360,3
Sa.	3 053,7	848,1		2 896,4	804,3		13 937,5		13 067,8		6 266,3		6 467,0
Mittel	610,7	169,6		579,3	160,9		1 394		1 307		1 253		1 293
Eigenes Gewicht	2,431 kg			2,429 kg			0,319 kg		0,348 kg		0,342 kg		0,344 kg

Die Wasseraufnahme betrug im Mittel aus 10 Versuchen in % des Gewichts nach 12 Stunden $0_{,43}$, nach 125 Stunden $0_{,48}$.
Das spezifische Gewicht des Materials ergab sich im Mittel aus drei Versuchen auf $2_{,641}$.
Die Versuche auf Abnutzbarkeit ergaben für die beiden Probestücke mit dem Eigengewicht von $975_{,8}$ g, bezw. $984_{,4}$ g und dem spezifischen Gewicht $2_{,641}$

Die Abnutzung für Versuch I: $6_{,1} + 5_{,7} + 5_{,5} + 5_{,0} = 22_{,3}$ g $= \frac{22_{,3}}{2_{,641}}$ ccm $= 8_{,4}$ ccm.

„ „ „ „ II: $6_{,7} + 5_{,7} + 6_{,0} + 5_{,5} = 23_{,9}$ g $= \frac{23_{,9}}{2_{,641}}$ ccm $= 9_{,0}$ ccm.

Digitized by Google

4. Untersuchung eines Kalkes aus dem Kalkwerk Schulz zu Soetenich i. d. Eifel.

Vom Vorsteher Professor Dr. Böhme.

Auf Antrag des Kalkwerkes Schulz wurde der von demselben unter der Bezeichnung:

„hydraulischer Kalk aus dem eigenen Kalkwerk in Soetenich"

mit amtlichem Ursprungszeugniß eingereichte Stückkalk den nachstehenden Versuchen unterworfen.

Die Veröffentlichung der Ergebnisse ist bereitwilligst gestattet worden.

Der eingereichte Stückkalk wurde unmittelbar nach seinem am 10. August 1889 erfolgten Eingange zunächst in pulverförmiges Kalkhydrat abgelöscht. Zu diesem Zwecke wurden verschiedene, gewogene Quantitäten des Stückkalkes in verzinnte eiserne Drahtkörbe gelegt, mit diesen so lange in ebenfalls gewogenes Wasser gehalten, bis die beim Einsenken des Kalkes bekanntlich sich bildenden Blasen verschwunden waren, dann in eine Tonne gebracht und zugedeckt.

Der Löschproceß, welcher eine Minute nach erfolgter Anfeuchtung des Kalkes begann, war sechs Minuten darauf beendet, beanspruchte 30,85 pCt. Wasser und ging gut und ohne Hinterlassung steiniger Rückstände vor sich.

Die Ablöschung des Kalkes in Teigform beanspruchte 175 pCt. Wasser. Es ergaben 2 Liter Stückkalk 5,187 Liter pulverförmiges aus 12 cm Höhe eingelaufenes oder 3,016 Liter „ eingerütteltes } Kalkhydrat von gelblich weißer Farbe, und andere 2 Liter Stückkalk 3,658 Liter eingerüttelten Kalkteig butterartiger Konsistenz, der beim Glühen 45 g Wasser auf 100 g Kalkteig verlor.

Es wog im Mittel aus 3 Versuchen:

1.	1 Liter des Kalkpulvers eingelaufen	0,428 kg
2.	1 „ „ „ eingerüttelt	0,736 „
3.	1 „ „ Kalkteiges „	1,326 „
4.	1 „ „ zu den Festigkeitsversuchen benutzten Normalsandes eingelaufen	1,410 „
5.	1 „ „ „ „ „ „ „ eingerüttelt	1,640 „
6.	1 „ „ ebenfalls benutzten Neuwieder Bimssandes eingelaufen . .	0,787 „
7.	1 „ „ „ „ „ „ eingerüttelt . .	0,923 „

Das specifische Gewicht des geglühten Kalkpulvers ergab sich zu 2,381.

Für die zur Prüfung zu verwendenden Mörtel wurden benutzt der preuß. Normalsand und ein vom Antragsteller als „Neuwieder Bimssand" eingereichter Sand.

Der Normalsand hat auf 60 Maschen für den qcm 0 pCt. Rückstand und auf 120 Maschen für den qcm 100 pCt. Rückstand,

„ Neuwieder Sand gab auf 60 Maschen für den qcm 94 pCt. Rückstand und auf 120 Maschen für den qcm 99 pCt. Rückstand.

Digitized by Google

Die zur Feststellung der Korngrößen des auf einem Siebe von 20 Maschen für den qcm abgesiebten pulverförmigen Kalkhydrates angestellten Siebversuche ergaben für das Kalkpulver:

auf 5000	2500	900	600	324	240 Maschen für den qcm
12,0 pCt.	4,0 pCt.	2,0 pCt.	0,4 pCt.	0,1 pCt.	0,0 pCt. Rückstand.

Die zu den Proben auf Volumenbeständigkeit und auf das Haftvermögen der Mörtel am Steine vorgenommenen Versuche, durch Ausgießen der Mörtel auf Glasplatten und Dachziegeln, wobei die Mörtel aus

3 und 5 Gew.-Thl. Normalsand
und 5 „ „ Neuwieder Sand } auf 1 Gew.-Thl. Kalkpulver bezw. mit

24 pCt., 20 pCt. und 15 pCt. Wasser angemacht wurden, sind vollständig bestanden worden, denn die hierzu hergestellten je fünf Proben hielten sich sowohl für die Erhärtung unter Wasser als für die Erhärtung an der Luft vollkommen eben, rißfrei und haftend.

Mit der Herstellung der Probekörper zu den Prüfungen auf Zugfestigkeit und Druckfestigkeit wurde begonnen, nachdem der Kalk sieben Tage als Kalkpulver gelagert hatte.

Hierbei betrug im Durchschnitt die Wärme der Luft 18,6° C
„ „ des Wassers 17,2° C
„ Feuchtigkeit der Luft 69 pCt.

Die in Anwendung gebrachten Mörtel wurden nach angemessenem Durcharbeiten der trockenen Mischungen so angefeuchtet, daß sie sich in der Hand ballen und sicher in die Formen schlagen ließen, wobei den Zugproben und Druckproben ein gleicher Feuchtigkeitsgehalt gegeben wurde. Der Feuchtigkeitsgehalt dieser Mörtel mit Einschlage-Konsistenz, sowie derjenige von Mörteln der gleichen Zusammensetzung, aber mit syrupartiger Gebrauchs-Konsistenz, wurde durch Abdampfung der Mörtel bestimmt, wobei sich in Procenten des Gewichts der ebenfalls nach Gewichtstheilen hergestellten Trockensubstanzen ergab

Für die Mischungen der Mörtel	Das Wasserquantum für die Festigkeitsproben	Das Wasserquantum für die Mörtelkonsistenz
1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 3 Gew.-Thl. Normalsand	13 pCt.	31 pCt.
1 „ „ „ + 5 „ „ „	11 pCt.	25 pCt.
1 „ „ „ + 5 „ „ Neuwieder Bimssand	8,5 pCt.	19 pCt.

Bei der Herstellung der Probekörper zu den Festigkeitsversuchen wurde besonderer Werth auf die Erlangung von Probekörpern mit gleicher Dichte G : V gelegt.

Die halbe Anzahl dieser Körper erhärtete im feuchten Raume an der Luft, die andere Hälfte drei Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser von 17° C. Es ergaben sich daraus die in der nachstehenden Tabelle angegebenen Resultate.

Digitized by Google

Erhärtungsart.	Zugproben: Dichte nach dem Einschlagen	Zugfestigkeit nach 28 Tagen	Zugfestigkeit nach 60 Tagen	Zugfestigkeit nach 90 Tagen	Druckproben (Würfel) Dichte nach dem Einschlagen	Druckfestigkeit nach 28 Tagen	Druckfestigkeit nach 60 Tagen	Druckfestigkeit nach 90 Tagen	Verhältniß Zug : Druck für 28 Tage	60 Tage	90 Tage
		kg pro qcm				kg pro qcm					
Die Proben erhärteten die ersten drei Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser.	1 Gew.-Thl. Kalkpulver und 3 Gew.-Thl. Normalsand. 13 % Wasser.										
	2,113	6,00 **5,55** 5,00	12,00 **10,65** 10,00	13,25 **12,35** 11,50	2,107	35,8 **32,9** 26,9	72,8 **66,7** 58,2	81,8 **77,1** 71,7	1 / 5,928	1 / 6,963	1 / 6,243
	1 Gew.-Thl. Kalkpulver und 5 Gew.-Thl. Normalsand. 11 % Wasser.										
	2,085	5,00 **4,50** 3,75	8,50 **7,80** 7,25	10,00 **9,50** 9,00	2,085	24,6 **22,2** 20,2	54,9 **49,7** 43,7	65,0 **60,0** 53,8	1 / 4,933	1 / 6,372	1 / 6,316
	1 Gew.-Thl. Kalkpulver und 5 Gew.-Thl. Neuwieder Bimssand. 8,5 % Wasser.										
	1,493	10,50 **9,20** 8,00	12,25 **11,60** 11,00	16,00 **14,65** 13,50	1,487	53,8 **46,8** 39,2	78,4 **74,6** 71,7	104,2 **92,7** 87,4	1 / 5,087	1 / 6,431	1 / 6,328
Die Proben erhärteten an der Luft.	1 Gew.-Thl. Kalkpulver und 3 Gew.-Thl. Normalsand. 13 % Wasser.										
	2,113	9,50 **8,50** 8,00	14,00 **12,55** 11,50	16,50 **15,00** 13,75	2,107	47,0 **40,1** 35,8	66,1 **62,3** 60,5	78,4 **71,9** 67,2	1 / 4,718	1 / 4,964	1 / 4,793
	1 Gew.-Thl. Kalkpulver und 5 Gew.-Thl. Normalsand. 11 % Wasser.										
	2,085	8,00 **6,60** 5,25	11,50 **9,90** 8,00	12,00 **11,15** 10,50	2,085	25,8 **24,0** 21,3	50,4 **46,2** 42,6	61,6 **58,7** 57,1	1 / 3,636	1 / 4,667	1 / 5,265
	1 Gew.-Thl. Kalkpulver und 5 Gew.-Thl. Neuwieder Bimssand. 8,5 % Wasser.										
	1,493	8,25 **7,65** 7,00	12,50 **11,15** 9,25	14,50 **13,35** 12,50	1,487	58,2 **56,4** 54,9	75,0 **73,7** 71,7	99,7 **88,7** 82,9	1 / 7,378	1 / 6,610	1 / 6,644

Die in der Tabelle fett gedruckten Zahlen bezeichnen die Zug- resp. Druckfestigkeit im Mittel aus je 5 Versuchen, die über bezw. unter diesen stehenden Zahlen die aus der gleichen Anzahl von Versuchen ermittelte Maximal- bezw. Minimal-Festigkeit der Proben.

Die in der Königlichen chemisch-technischen Versuchs-Anstalt ausgeführte Analyse des Kalkes ergab:

Feuchtigkeit (bei 105°C bestimmt)	0,88 %	Magnesia . . .	1,42 %	Schwefelsäure . .	0,45 %
Wasser (chemisch gebunden) . .	16,57 „	Thonerde . . .	2,72 „	Kohlensäure . .	1,55 „
Kieselsäure (lösliche)	9,09 „	Eisenoxyd . . .	0,85 „	Phosphorsäure .	Spuren
Kalk	66,07 „	Alkalien	0,82 „		

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von H. S. Hermann in Berlin.

Digitized by Google

Von den im Anschluß an die „**Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten**" zur Ausgabe gelangenden

Ergänzungsheften

sind erschienen:

1887.

Heft I. **Die Festigkeitseigenschaften des Magnesiums.** Von A. Martens. Mit 3 Taf. M. 4,—.

Heft II. **Untersuchungen über die Festigkeitseigenschaften und Leitungsfähigkeit an deutschem und schwedischem Drahtmateriale.** Von A. Martens. M. 2,—.

Heft III. 1. **Mikroskopische Untersuchung des Papiers.** Von W. Herzberg. Mit 2 Lichtdrucktafeln. — 2. **Ergebnisse der Prüfungen von Apparaten zur Untersuchung der Festigkeitseigenschaften von Papier.** Von A. Martens. Mit 1 Tafel. M. 5,—.

Heft IV. **Ueber Druckpapiere der Gegenwart.** Von A. Martens. M. 1,—.

1888.

Heft I. Ergänzungen zu den im 2. Ergänzungshefte 1887 veröffentlichten **Untersuchungen über Festigkeitseigenschaften und Leitungsfähigkeit an deutschem und schwedischem Drahtmateriale.** 1) **Bestimmung des elektrischen Leitungswiderstandes von Metalldrähten.** Von Prof. A. Paalzow. Mit 1 Tafel. — 2) **Zusammenhang zwischen der chemischen Zusammensetzung und dem Kleingefüge einerseits und der Leitungsgüte des Telegraphendrahtes andrerseits.** Von Dr. H. Wedding. Mit 7 Tafeln. M. 6,—.

Heft II. **Bericht über die Ergebnisse von Festigkeitsversuchen mit gelötheten Drahtseilen und Drähten.** Von A. Martens. Mit 2 Tafeln. M. 8,—.

Heft III. **Schmieröluntersuchungen.** Von A. Martens. Mit 4 Tafeln. M. 6,—.

Heft IV. **Untersuchung japanischer Papiere.** Von A. Martens. Mit 3 Tafeln. M. 5,—.

Heft V. **Bericht** über die im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe ausgeführten vergleichenden Untersuchungen von **Seilverbindungen für Fahrstuhlbetrieb.** Theil I. Ergebniß der Untersuchungen für ruhende Belastung. Von A. Martens. M. 2,60.

1889.

Heft I. **Resultate der Untersuchungen des in der Eifel vorkommenden vulkanischen Sandes in Bezug auf seine Verwendbarkeit zur Mörtelbereitung.** Von Dr. Böhme. Mit 2 Tafeln. M. 3,—.

Heft II. **Untersuchungen von natürlichen Gesteinen auf Festigkeit, specifisches Gewicht, Härtegrad, Wasseraufnahme, Cohäsionsbeschaffenheit und Wetterbeständigkeit.** Von Dr. Böhme. Mit 1 Tafel. M. 4,—.

Heft III. **Bericht über die im Auftrage des Herrn Ministers für Landwirthschaft, Domänen und Forsten ausgeführten Holzuntersuchungen.** Von M. Rudeloff. Mit 2 Taf. M. 7,—.

Heft IV. **Festigkeitsuntersuchungen mit Zinkblechen der schlesischen Aktien-Gesellschaft für Bergbau- und Zinkhüttenbetrieb zu Lipine O.-S.** Von A. Martens. Mit 2 Taf. M. 4,—.

Heft V. **Schmieröluntersuchungen.** Von A. Martens. (Fortsetzung zum Ergänzungsheft III. 1888.) Mit 1 Tafel. M. 10,—.

1890.

Heft I. **Versuche über die Beiz- und Rostsprödigkeit des Eisens und Stahls.** Bericht des Professors A. Ledebur in Freiberg nebst den Versuchsergebnissen der mechanisch-technischen Versuchsanstalt. M. 3,—.

Digitized by Google

Sämmtliche Apparate
zur
Untersuchung von Mineralölen,
als
Abel'sche Petroleumprober, Mineralölprober (Abel-Pensky),
Engler'sche Viscositätsmesser, Leptometer u. s. w.
empfehlen in bester Ausführung [9084]
und stehen Cataloge gratis zu Diensten.
Berthold Pensky Nachfolger,
BERLIN S.W., Wilhelmstrasse No. 122.

Verlag von **Friedrich Vieweg & Sohn** in Braunschweig.
(Zu beziehen durch jede Buchhandlung.)
Soeben erschien: [7814]
Mechanische Webstühle.
Anleitung zur Kenntniss, Wahl, Aufstellung und Behandlung dieser Maschinen.
Handbuch für Webschüler, Werkführer, Ingenieure, Webfabrikanten und technische Lehranstalten
von **E. R. Lembcke,**
Ingenieur und Director der Königlichen Webe-Färberei- und Appreturschule zu Crefeld, Ritter des Königlichen Preussischen Rothen Adler-Ordens IV. Classe.
Fortsetzung II. gr. 8. geh. Mit einem Atlas von 12 Tafeln in 4.
Preis 10 Mark.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.
Monbijouplatz 3.
Chemisch-technische Untersuchungsmethoden
der
Gross-Industrie, der Versuchsstationen und Handelslaboratorien.
Unter Mitwirkung von
C. Balling, M. Barth, Th. Beckert, R. Benedikt, C. Bischof, E. Büchner, C. Councler, C. v. Eckenbrecher, O. Guttmann, W. Herzberg, P. Jeserich, C. Kretzschmar, O. Mertens, A. Morgen, R. Nietzki, A. Pfeiffer, F. Scheele, K. Stammer, A. Stutzer
herausgegeben von
Dr. Fr. Böckmann,
Chemiker der Solvay'schen Sodafabrik zu Wyhlen.
Zwei Bände.
Mit zahlreichen in den Text gedruckten Abbildungen.
Zweite vermehrte und umgearbeitete Auflage.
Preis M. 22,—; gebunden in 2 Leinwandbänden M. 24,40.

Papier-Prüfung.
Ein Leitfaden bei der Untersuchung von Papier.
Herausgegeben
von
Wilhelm Herzberg,
Erster Assistent der Abtheilung für Papier-Prüfung an der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Charlottenburg.
Mit 22 in den Text gedruckten Figuren und 2 Tafeln in Lichtdruck.
Preis geb. M. 5,—.

Digitized by Google

WHITNEY LIBRARY,
MUS. COMP. ZOOL.

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Achter Jahrgang: 1890.

Drittes Heft.

Mit einer lithographirten Tafel.

Berlin.
Verlag von Julius Springer
© 1890.

Digitized by Google

Seit 1883 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

I. Mittheilungen der Königlichen Aufsichts-Kommission. Seite

(Fehlen.)

II. Mittheilungen aus der mechanisch-technischen Versuchsanstalt.

1. Untersuchung einer Festigkeitsprobirmaschine, Bauart Tangy Broth's. Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff 109
2. Die Sicherheit der qualitativen Holzschliffbestimmung. Von W. Herzberg, Vorsteher der Abtheilung für Papierprüfung 132
3. Bütten-Aktendeckel. Von W. Herzberg, Vorsteher der Abtheilung für Papierprüfung 141
4. Ueber die Bestimmung des Flüssigkeitsgrades von Schmieröl. Vom Vorsteher, Professor A. Martens 143
5. Eine vereinfachte Vorrichtung zur maßanalytischen Bestimmung des Säuregehaltes in Oelen. Von Dr. Holde, Vorsteher der Abtheilung für Schmierölprüfung 151

III. Mittheilungen aus der chemisch-technischen Versuchsanstalt.

1. Verfahren zur Vergleichung der Erstarrungspunkte verschiedener Talgformen. Vom Vorsteher, Professor Dr. Finkener 153

IV. Mittheilungen aus der Prüfungs-Station für Baumaterialien.

Berichtigung 158

Digitized by Google

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.
Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

VIII. Jahrgang. 1890. Drittes Heft.

II. Mittheilungen aus der mechanisch-technischen Versuchsanstalt.

1. Untersuchung einer Festigkeitsprobirmaschine, Bauart: Tangy Broth's, der Aktiengesellschaft Peiner Walzwerk zu Peine.

Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff.

A. Beschreibung der Maschine.

Die Maschine, welche auf der angehefteten Tafel in 1/5 der natürlichen Größe dargestellt ist, ist liegend angeordnet; die Krafterzeugung geschieht durch eine mittelst einfach wirkender Handpumpe betriebene hydraulische Presse; zur Kraftmessung dient eine Hebelwage mit Aufsatzgewichten für größere und einem Schiebegewicht für kleinere Laststufen. Die Gesammtleistung der Maschine beträgt 50 000 kg. Zur Einspannung der Zerreißprobe dienen starke Mäuler mit Keilbeilagen. Das eine dieser Mäuler ist mit der Kolbenstange des Preßcylinders fest verschraubt und wird von dieser getragen, während das zweite, welches unmittelbar mit der Wiegevorrichtung in Verbindung steht, an dem einen Ende mit zwei eingeschraubten Stiften auf das Maschinenbett sich stützt und an dem anderen Ende mittelst zweier Ketten an einem vom Maschinenbett getragenen Querhaupt aufgehängt ist.

Die Wiegevorrichtung setzt sich zusammen aus einem Winkelhebel und einem geraden zweiarmigen Hebel, welche durch eine senkrecht stehende Zugstange mit einander verbunden sind. Sämmtliche Stütz- und Drehpunkte dieser Hebel bestehen aus Schneiden und Stahlpfannen. Der Winkelhebel ist an beiden Enden gabelförmig ausgebildet (vergl. auch Textfigur 3 Seite 112) und trägt zu beiden Seiten außerhalb der größeren Gabel Verstärkungen. In die letzteren sind die Schneiden V, d. h. die zweitheilige Scheitelschneide des Winkelhebels, und ihnen gegenüber unmittelbar in das Maschinengestell die zugehörigen Pfannen eingelassen. Die Endschneide VI des kürzeren Hebelarmes wird von einem Stahlstück getragen, welches mit seinen Enden in den beiden Schenkeln der Gabel steckt. Dieses Stahlstück wird von der bügelförmigen Erweite-

Digitized by Google

rung der oben zuletzt genannten Einspannklaue umfaßt, so daß sich beim Versuch die im Kopf dieses Bügels angebrachte Pfanne gegen die Schneide VI legt und den Zug des Probestabes auf diese überträgt. Die im gabelförmigen Ende des größeren, wagerechten Hebelarmes eingelassene Schneide IV findet ihr Widerlager auf der Pfanne im unteren Auge der Verbindungsstange beider Hebel, so daß dieses Hebelende von der Verbindungsstange getragen wird. Um nun ein Abgleiten der zweitheiligen Schneide V von den zugehörigen Pfannen zu verhindern, ist zu beiden Seiten an den Hebel noch je eine Schneide angeschraubt, welche mit den Schneiden V in einer Geraden liegen, nach unten gerichtet sind und sich auf Stahlpfannen stützen, die mit dem Maschinenbett verschraubt sind.

Der gerade Hebel stützt sich mit seiner mittleren, beiderseits aus dem Hebel hervorragenden Schneide II auf einen vom Maschinenbett getragenen Bock. Die Endschneide des kürzeren Hebelarmes wird von dem oberen Auge der Verbindungsstange umfaßt, und zwar steckt das Auge in dem an dieser Stelle bügelartig erweiterten Hebel. Die Endschneide des längeren Hebelarmes trägt die Vorrichtung zur Aufnahme der Gewichtsstücke, bestehend aus einer Stange mit unten angeschraubtem Teller. Beim Aufsetzen der Gewichte wird letzterer durch einen Bock abgefangen, welcher auf dem Maschinenbett steht und zugleich eine Säule trägt, die am oberen Ende mit einem Schlitz versehen ist. In diesem bewegt sich der Hebel, so daß sein Spiel nach beiden Richtungen begrenzt ist. Die obere Kante des Hebels ist zugeschärft und nimmt den Schlitten des Schiebegewichts auf, welcher jedesmal mit seiner vorderen Kante auf die Mitte der Theilmarken einzustellen ist. Das ganze Hebelsystem ist, bei auf die Nullmarke eingestelltem Schiebegewicht, durch ein Gegengewicht ausgeglichen.

Zur Aufnahme der beim Bruch des Versuchsstückes etwa auftretenden Rückschläge, welche ein Zurückschleudern des Winkelhebels nach links veranlassen, ist auf die Grundplatte des Maschinengestelles ein Gußstück mit einer starken, nach oben gerichteten Nase aufgeschraubt, gegen welche die hintere Fläche der Verstärkungsrippe des wagerechten Hebelarms sich beim Rückschlag anlegt.

Der Preßcylinder ist mit einem durch U-Manschetten gedichteten Scheibenkolben ausgerüstet. An die hintere Fläche dieses Kolbens ist eine Zahnstange angeschraubt, welche durch den nicht abgedichteten Cylinderdeckel hindurch geht und außerhalb des Deckels in ein von diesem getragenes Trieb eingreift. Mit letzterem wird der Kolben nach beendetem Versuch bei geöffnetem Rückflußventil der Länge des Probestabes entsprechend in den Cylinder zurückgeschoben.

B. Gegenstand der Untersuchung.

Bei Untersuchung der Genauigkeit der Maschine bezüglich der Kraftauswägung waren folgende Einzelheiten der Prüfung zu unterziehen:

I. Das Hebelverhältniß der Wiegevorrichtung
   a) im Winkelhebel,
   b) im geraden zweiarmigen Hebel.

II. Der Gewichtswerth der Belastungsgewichte.

III. Die die Wägung beeinträchtigenden Reibungszustände.

Digitized by Google

Diese hängen ab von

a) der Reibung zwischen den Pfannen und Schneiden, welche mit dem Zustande beider Theile sich ändert,
b) der Stellung der maßgebenden Kanten beider Theile der Scheitelschneide V des Winkelhebels gegen einander und
c) den Widerständen, welche die mit der Wage verbundene Einspannklaue den Bewegungen beim Ausschlage der Wagehebel entgegensetzt.

C. Versuchsausführung.

Die Untersuchungen wurden von dem Verfasser mit dankenswerthester Unterstützung seitens des Herrn Oberingenieur Brovot auf dem Werk der Antragstellerin ausgeführt. Die Maschine wurde im abgebauten Zustande vorgefunden, d. h. es war der Hebel H (s. Fig. 1) nach Entfernung des Gegengewichtes G, der Belastungsvorrichtung B und der Zugstange Z abgehoben, der den Stützpunkt der Schneide II bildende Bock A entfernt, die Zugstange Z auch vom Hebel H_1 ebenso wie vom Hebel H durch Herausschlagen der beiden Schneiden I und IV frei gemacht, ferner der Hebel H_1 zugleich mit der Einspannklaue E herausgehoben, nachdem das Querhaupt mit den beiden Ketten für die Aufhängung der letzteren gelöst und abgehoben war. Die Trennung der Klaue E vom Hebel H_1 fand nicht statt, da hierzu die Schneide VI gleichfalls hätte herausgenommen werden müssen, wovon Abstand genommen wurde, da die Sitzflächen der Schneide verstemmt waren und die Richtung, nach welcher das Herausschlagen hätte stattfinden müssen, nicht erkannt werden konnte.

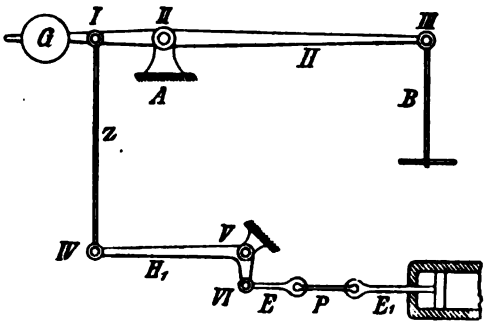


Fig. 1.

I. Untersuchung des Hebelverhältnisses der Wiegevorrichtung.

a) Vermessung des Hebels H_1.

Der Hebel wurde mitsammt der Einspannklaue auf eine von 2 starken Böcken getragene Holztafel gelegt und durch Unterkeilen bei K (s. Fig. 2) so ausgerichtet, daß die Schneidenkanten IV und V möglichst genau in einer Wagerechten lagen. Zu diesem Zweck wurde auf die Holztafel eine starke Latte aufgenagelt, an diese ein eisernes Lineal hochkantig angeschraubt und die obere Fläche des letzteren nach einer Wasserwage ausgerichtet. Von diesem Lineal wurde dann senkrecht bis zu den beiden Schneiden IV und V gemessen und der Keil bei K so lange vorgetrieben, bis beide Maße gleich groß waren. Das Lineal wurde hierbei wiederholt auf etwaige Veränderungen der wagerechten Lage geprüft und diese

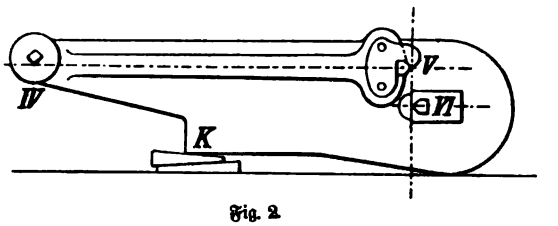


Fig. 2.

Digitized by Google

immer wieder hergestellt. Alsdann wurde zur Ermittelung der Hebellänge V und VI quer zur Längsrichtung des Hebels, zwischen der Schneide VI (s. Fig. 3) und der zugehörigen Pfanne in der Einspannklaue E ein feiner Kratzendraht so ausgespannt, daß er möglichst parallel zur Schneide lag. Er war an seinen beiden Enden belastet und über Holzstücke gelegt, die gleichfalls auf den beiden Böcken ruhten und durch breite Fußleisten gegen Umschlagen gesichert waren. Diese Stücke waren nach Fig. 4 zu-

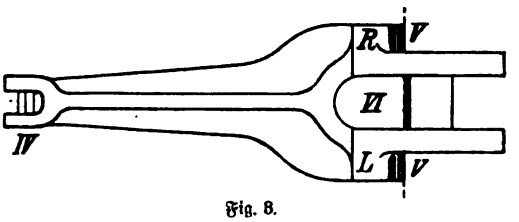


Fig. 3.

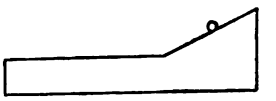


Fig. 4.

gerichtet. Der Draht wurde über die schräge Kante gelegt und theils durch seitliches Verschieben des ganzen Holzstückes, theils durch Heben und Senken auf der geneigten Auflagefläche ausgerichtet. Alsdann wurde an den senkrechten Entfernungen des straffen Drahtes von den Schärfen der freiliegenden zweitheiligen Schneide V einerseits die Länge des Hebelarmes V ~ VI und andererseits der Parallelismus der Schneiden V und VI zu einander ermittelt und zugleich festgestellt, ob die maßgebenden Kanten beider Theile der Schneide V in einer Geraden lagen.

Die Ausmessung dieser Entfernungen erfolgte mittelst eines in halbe Millimeter getheilten Maßstabes, welcher, an die Schneide V sich anlehnend, möglichst senkrecht vor dem Draht auf die Tischplatte gestellt und oben durch ein vorgelegtes Lineal gehalten wurde, damit nicht beim Halten mit der Hand durch etwaigen Druck auf die Platte Veränderungen in der Lage veranlaßt werden konnten.

Zunächst wurde beiderseits an beiden Enden der zweitheiligen Schneide gemessen, indem die Maßstabtheile abgelesen wurden, welche mit dem Draht und mit der Schneidenkante zusammenfielen; für letztere galt die Mitte (halbe Breite) der Schärfe. Bei jeder Aufstellung des Maßstabes wurden zwei Ablesungen gemacht, die eine von dem Verfasser, die zweite von dem Oberingenieur des Walzwerkes Herrn Brovot.

Die erhobenen Maße, deren Bedeutung aus Fig. 5 ohne weiteres ersichtlich ist, sind in Tabelle Ia zusammengestellt.

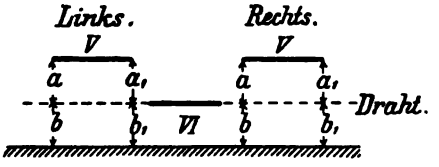


Fig. 5.

Da das Ausrichten des Drahtes parallel zur Kante der Schneide VI mit großer Genauigkeit nicht erreicht werden konnte, weil die Schneide VI wegen ihres geringen Abstandes von der zugehörigen, zurückgeschobenen Pfanne dem Auge nur von der Seite zugänglich war, so wurde das Ausrichten noch zweimal ganz von neuem vorgenommen und beide Male von beiden Beobachtern nochmals Messungen angestellt. Hierbei wurde indessen, bei gleicher Meßweise wie oben, nur der Abstand des Drahtes von der Mitte (halbe Länge) der beiden Schneidentheile V erhoben. Die hierbei gewonnenen Ergebnisse sind in Tabelle Ib und c zusammengestellt.

Um die Hebellänge IV~V zu ermitteln wurde zunächst nach Entfernung der Schneide IV durch den freien Sitz der Schneide ein Draht so ausgespannt, daß er

Digitized by Google

möglichst genau mit der der Schneide entsprechenden unteren Kante des Sitzes zusammenfiel, ohne einen Knick zu erleiden. Von diesem Draht wurde dann senkrecht bis zu einem Lineal gemessen, welches vor die Schneidentheile V gehalten wurde und an diese in der ganzen Länge anlag. Die Messungen erfolgten zu beiden Seiten möglichst nahe an den Schneiden mit einem in Millimeter getheilten Maßstabe. Die gefundenen Werthe sind in Tabelle II als Messungen a aufgeführt.

Bei einer zweiten Messung wurde an Stelle des Drahtes ein Rohr in den Schneidensitz gelegt (s. Fig. 6), welches vollkommen gerade und in seiner ganzen Länge genau auf gleichen Durchmesser von 17,4 mm abgedreht war. Von diesem Rohr wurde dann wieder mit demselben Maßstabe bis zu dem vor die Schneidentheile V gelegten Lineal gemessen. Die wirkliche Hebellänge ergiebt sich bei dieser Meßweise gleich der Summe aus dem äußeren Radius (a) des Rohres und dem gemessenen Abstande (b). Die zu beiden Seiten des Hebels erhobenen Messungsergebnisse sind unter B in Tabelle II zusammengestellt.

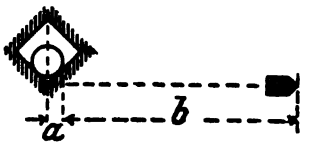


Fig. 6.

b) Untersuchung des Hebels III.

1. Direktes Ausmessen.

Die Hebellänge I ~ II wurde mit Hülfe eines Anlegemaßstabes unmittelbar gemessen. Dies war leicht zu ermöglichen, da nicht nur die Schneide II zu beiden Seiten des Hebels hervorragte, sondern auch die Enden der Schneide I freilagen.

Die Hebellänge II ~ III wurde mit Hülfe einer hölzernen Latte ermittelt, welche auf dem Hebel liegend einerseits fest gegen die Schneide II gedrückt und andererseits mit einem Bleistrich versehen wurde, welcher die Verlängerung der zu beiden Seiten des Hebels zu Tage tretenden Kante (Schärfe) der Schneide III bildete. Die Entfernung des durch die Schneide II veranlaßten Eindruckes in die Latte von dem Bleistrich ergab die Länge des Hebelarmes.

Die Ergebnisse beider Messungen sind aus Tabelle IIIa ersichtlich.

2. Auswiegen des Hebelverhältnisses von H.

Der Hebel wurde mit der Schneide II auf den montirten Bock A (s. Fig. 1 Seite 111) gelegt und mit Hülfe des Gegengewichtes so ausgeglichen, daß sein Ende in der Mitte des Schlitzes stand, welcher den Ausschlag begrenzt. Hierbei war die Schneide I, um ihr Eigengewicht mit zu berücksichtigen und zur Vermeidung des wiederholten Herausschlagens, mit einem dünnen Kratzendraht in ihren Sitz eingehängt und die zur Schneide III gehörende Belastungsvorrichtung abgenommen. Nachdem das Gegengewicht mit Hülfe seiner Druckschraube festgestellt war, wurde der Hebel von dem Bock wieder heruntergenommen, die Zugstange Z ordnungsmäßig mittelst der Schneide I mit dem Hebel verbunden, dieser wieder mit der Schneide II in die zugehörige Pfanne auf den Bock A gelegt und nun durch Belasten der Schneide III das Gewichtsmoment der Zugstange ausgeglichen. Aus dem hierzu erforderlichen Gewicht einerseits und dem Gewicht der Zugstange Z andererseits wurde dann das Hebelverhältniß berechnet.

Digitized by Google

Beim zweiten Auswiegen wurde die Zugstange mit einem Gewichtsstück von 2 kg beschwert, indem durch das untere Auge der Zugstange ein Draht von 0,004 kg Gewicht gesteckt und an diesen das Gewichtsstück mit Hülfe eines Kratzendrahtes angehängt wurde.

Die Ergebnisse der Auswiegungen sind in Tabelle III b zusammengestellt.

3. Ausmessung der Skala für das Schiebegewicht.

Die Entfernung der Skalen-Null- und Endmarke von den Schneiden II und III wurde in der Weise ermittelt, daß in der Mitte dieser Marken ein Stahlwinkel mit dem einen Schenkel thunlichst parallel zu der oberen zugeschärften Kante des Hebels gehalten und dann mit einem Anlegemaßstabe die senkrechte Entfernung der maßgebenden Schneidenkante von dem zweiten Schenkel des Stahlwinkels gemessen wurde. Die ganze Länge der Theilung ist durch unmittelbares Anlegen eines Maßstabes ermittelt; die Länge der einzelnen Intervalle wurde berechnet und an verschiedenen Stellen die Länge von 10 Theilen mit einem Anlagemaßstabe verglichen und für richtig befunden.

Die erhobenen Werthe sind in Tabelle IV zusammengestellt.

II. Auswiegung der Belastungsgewichte.

Außer dem Laufgewicht gehören zu der Maschine 8 Gewichtsscheiben (Auffatzgewichte), von denen je eine den Belastungen von 1000 kg und 2000 kg und je 3 den Belastungen von 5000 kg und 10 000 kg entsprechen sollen. Das Auswiegen dieser Gewichte erfolgte bis auf 0,01 kg genau auf einer geaichten Decimal-Handelswage des Hüttenwerkes. Die erhobenen Gewichte sind in Tabelle V aufgeführt und den in die einzelnen Gewichtsstücke eingeschlagenen Werthen gegenüber gestellt.

III. Prüfung der Reibungswiderstände in der Wiegevorrichtung.

Die Reibungswiderstände in den Schneiden wurden zugleich mit dem Einfluß des Beharrungsvermögens des Hebelsystems auf die Empfindlichkeit der Wage im Leerzustande in der Weise untersucht, daß auf die obere Fläche des wagerechten Armes vom Hebel H_1 eine Wasserwage gesetzt, mit Hülfe eines Sitzbrettes zum Einspielen gebracht und nun diejenige Belastung der Schneide III ermittelt wurde, bei der das Spiel der Wasserwage begann. Hierbei wurde zunächst die Klaue E soweit zurückgeschoben, daß die Pfanne von der Schneide VI sich abhob, ohne daß die hintere Fläche der Klaue an den Hebel H_1 zur Anlage kam. In diesem Zustande reichten 15 g Belastung an der Schneide III hin, um einen Ausschlag der Libelle von 0,5 Theilen zu bewirken, welcher einer Winkelbewegung des Hebels um 35,7 Sekunden gleichkommt.

Alsdann wurde die Klaue nach vorne gezogen, bis die Pfanne VI an die zugehörige Schneide im Hebel H_1 sich anlegte, was an dem Ausschlag des Hebels H nach oben zu erkennen war. Bei der in diesem Zustande vorgenommenen Belastung der Schneide III begann das Spiel der Libelle erst bei 100 g, während die Mittellage des Hebels H erst bei 160 g wieder erreicht wurde. Bei Entfernung dieses Gewichtes schlug der Hebel wieder nach oben aus.

Hierdurch war dargethan, daß die Lagerung der Einspannklaue E der Bewegung beim Ausschlag des Hebels H einen erheblichen Widerstand entgegensetzte. Die

Digitized by Google

Ursache hierfür konnte nur in dem Reibungswiderstande der auf der Grundplatte der Maschine aufstehenden beiden vorderen Tragestifte der Klaue gefunden werden. Um diesen Zustand bei Einspannung der Probe unter Beachtung der auf der Klaue angebrachten Marke für die Zugachse zu untersuchen, wurde eine Stange Quadrateisen mit Hülfe von Beilegekeilen so eingespannt, daß die Keile mit ihren unteren Flächen im Grunde der Einspannklaue auflagen und die Stabachse anscheinend mit dem in die vordere Fläche der Klaue eingerissenen Mittelstrich zusammenfiel. Auf die Klaue war eine Libelle gesetzt. Beim Belasten des Stabes zeigte sich an dem Spiel der Libelle ein Anheben der Klaue; auch wurden die Stützstifte unten frei.

Die Stellung der maßgebenden Kanten der Schneidentheile V gegen einander und zur Schneide VI bedurfte einer besonderen Untersuchung nicht, da diese Verhältnisse zugleich bei den oben besprochenen Messungen für die Länge des Hebelarmes V∼VI zu Tage traten (s. Tabelle I).

Die Besichtigung der einzelnen Schneiden und der zugehörigen Pfannen zeigte, daß der linke Theil (Beschauer steht vor dem Arbeitscylinder) der Schneide V an dem nach innen gelegenen Ende auf etwa 25 mm Länge ausgesprungen war. Ferner zeigten sämmtliche Pfannen mehr oder weniger starke Eindrücke, welche bei der Pfanne I nur in der Mitte auf etwa 40 mm Länge zu bemerken waren, bei den Pfannen I und II aus mehreren parallelen Rieseln bestanden und bei den übrigen Pfannen eine einzige Gerade von größerer Tiefe bildeten.

IV. Parallelversuche mit Flachstäben.

Da die Dichtung des Kolbens im Arbeitscylinder sich als unzureichend erwies, um die im Abschnitt V beschriebenen Versuche mit Normalstäben im Anschluß an die vorerwähnten Untersuchungen sofort zur Ausführung bringen zu können, wurden zunächst Parallelversuche mit Flachstäben beschlossen, für welche folgender Arbeitsplan vereinbart wurde:

„Aus einem 12 mm Blech von möglichst homogenem Material werden von Seiten des Hüttenwerkes 10 Streifen von 60 mm Breite unmittelbar neben einander kalt herausgearbeitet und zwar mittelst Kaltsäge oder auf der Hobelmaschine, aber nicht mittelst Scheere. Diese Streifen sind ihrer ursprünglichen Lage im Blech entsprechend mit laufenden Nummern zu versehen und seitens des Werkes sämmtlich entweder durch Kaltfraisen oder Behobeln und nachfolgendes Befeilen auf die in Fig. 7 angegebenen Abmessungen zu bringen. Die Wahl der Gesammtlänge L bleibt dem Werk überlassen, die Länge muß jedoch mindestens 420 mm betragen.

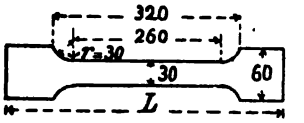


Fig. 7.

Die mit geraden Zahlen gezeichneten 5 Stäbe werden zur Prüfung an die Versuchsanstalt gesandt, während die übrigen 5 ohne Beihülfe der Versuchsanstalt auf der Maschine des Werkes geprüft werden, nachdem die Kolbendichtung erneuert ist. Die Versuche haben sich auf die Ermittelung der Querschnittsabmessungen, der Bruchbelastung und der Bruchdehnung, gemessen auf 200 mm je 100 mm vom Bruch und auf 100 mm je 50 mm vom Bruch zu erstrecken.

Zum Versuch sind die Stäbe auf beiden schmalen Flächen mit einem Längsriß und an diesem auf 200 mm Länge symmetrisch zu den beiden Enden mit Centimetertheilung zu versehen. Die einzelnen Theilstriche sind etwa 5 mm lang zu ziehen.

Digitized by Google

Die Querschnittsabmessungen sind an den Enden dieser getheilten Länge und in deren Mitte zu messen, sämmtliche je 3 Werthe in dem Protokoll mit einer Dezimale anzugeben und der Berechnung des Querschnittes diejenigen Werthe zu Grunde zu legen, welche an der dem Bruch zunächst gelegenen Stelle erhoben sind. Die Bruchdehnungen sind nach dem auf Seite 18 und 19 der **„Beschlüsse der Conferenzen zu München und Dresden"** angegebenen Verfahren zu ermitteln und in dem Protokoll die Mittelwerthe anzugeben aus den an beiden Seiten erhobenen Einzelwerthen. Ferner ist die Entfernung des Bruches von der nächsten Endmarke anzugeben, um hiernach beurtheilen zu können, ob etwaige Unterschiede in den von beiden Versuchsstellen gefundenen Werthen auf den Einfluß des Kopfes zurückgeführt werden müssen. Diese Angabe erfolgt nicht in Millimetern, sondern unter Namhaftmachung derjenigen Marken, zwischen denen der Bruch erfolgt ist; zum Beispiel für den Bruch zwischen den Marken 2 und 3 durch den Bruch $^2/_3$."

Für die Belastungsweise wurde dem in der Versuchsanstalt gebräuchlichen Verfahren entsprechend bestimmt, die Stäbe anfänglich in Stufen von je 1000 kg zu belasten, bis der Wagehebel bei vollständig dichtem Preßkolben wieder langsam abzusinken beginne. Alsdann sollten bis zum schnellen Abfallen des Hebels je 250 kg zugesetzt und die letzte Last vor diesem schnellen Abfallen als „Streckgrenze" bezeichnet werden. Hernach sollte wieder mit Laststufen von je 1000 kg vorgegangen und hierbei die Zufuhr des Druckwassers so geregelt werden, daß der Stab sich auf 100 mm Länge in der Minute um 1 mm dehne. Kurz vor dem Bruch sollte unter Innehaltung der vorher festgestellten Streckgeschwindigkeit die Belastung wieder um je 250 kg gesteigert und als „Bruchlast" diejenige Belastung angegeben werden, unter welcher der Hebel zuletzt zum Einspielen gelangte. —

Die gegenseitige Uebersendung der Versuchsergebnisse erfolgte nach vorheriger Vereinbarung zu demselben Zeitpunkt, so daß beide Sendungen sich kreuzten.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Tabelle VI zusammengestellt.

Die Unterschiede in den beiderorts gefundenen Bruchbelastungen gaben der Antragstellerin Veranlassung, auch die früher wegen Undichtigkeit in der hydraulischen Presse aufgegebenen Versuche mit Normalstäben noch zur Ausführung bringen zu lassen, welche im Abschnitt V beschrieben sind.

V. Untersuchung der Maschine mittelst Normalstäbe.

Nachdem die Kolbendichtung im Preßcylinder in einen solchen Zustand gebracht war, daß die Belastung des Probestabes während mehrerer Sekunden konstant blieb oder doch durch geringes Nachpumpen konstant erhalten werden konnte, wurden zur Controle der im Vorstehenden beschriebenen Versuche und Ausmessungen des Hebelverhältnisses der Wiegevorrichtung und zur unmittelbaren Prüfung der Wirkungsweise der letzteren mehrere Versuchsreihen bis zu 10000 kg Höchstbelastung mit Normalstäben ausgeführt. Die hierzu verwendeten beiden Zugstäbe waren bei 25 mm Durchmesser aus zwei verschiedenen Stahlsorten Marke „Zäh" und „Mittelhart" der Firma **Gebrüder Böhler zu Wien** gefertigt, für welche durch je zwei vollständig durchgeführte Zugversuche mit Rundstäben aus derselben Stange folgende Festigkeitseigenschaften ermittelt worden waren.

Digitized by Google

Material	Proportionalitäts-Grenze			Streckgrenze		Bruchgrenze			Querschnittsverminderung	Elastizitäts-Modul
	Belastung kg/qmm	Gesammtdehnung %	Dehnung für 1 To. %	Belastung kg/qmm	Gesammtdehnung %	Belastung kg/qmm	Dehnung auf 100 mm %	Dehnung auf 200 mm %	%	kg/qmm
2. „Zäh"	28,0	0,139	0,014	35,8	0,168	90,8	13,5	10,5	21,0	21050
3. „Mittelhart"	25,0	0,119	0,015	43,8	0,317	92,9	9,6	8,3	14,4	20800

Die beiden Normalstäbe waren bei einer Gesammtlänge von 450 mm zwischen den Köpfen auf 300 mm Länge an zwei diametral gegenüber liegenden Seiten mit Centimetertheilung versehen. Die Theilung war in feinen etwa 5 mm langen Strichmarken ausgeführt und nur die Marken 3, 5, 10, 12, 18, 20, 25 und 27, welche zum Ansetzen der Feinmeßapparate bestimmt waren, wurden ringsum gezogen. Die Nummern der Marken waren durch die Ziffern 0 und 30 gekennzeichnet, welche man in die beiden Köpfe der Stäbe einschlug.

Beide Stäbe waren auf der jedesmal unmittelbar vorher justirten Zerreißmaschine (Bauart A. Martens) wiederholt bis zu 10000 kg Höchstbelastung geprüft, wobei mit einer Nullbelastung von 250 kg beginnend die elastischen Dehnungen von Tonne zu Tonne mit Hülfe von Spiegelapparaten (Bauart A. Martens) für 150 mm Meßlänge auf $^1/_{10000}$ mm festgestellt waren. Die hierbei für einen und denselben Marken-Abstand, der auch bei der in Rede stehenden Untersuchung benutzt wurde, gefundenen Werthe sind in Tabelle VII zusammengestellt. Sie zeigen für alle Versuche eine gute Uebereinstimmung, sodaß die Stäbe gleichsam als Meßfedern benutzt werden können, d. h. der Wirkungsgrad jeder anderen Zerreißmaschine nach den Dehnungen beurtheilt werden kann, welche die Stäbe in dieser Maschine für angeblich dieselben Laststufen erleiden.

Die Einspannung der Stäbe in die zu untersuchende Maschine erfolgte mittelst Kugellager, deren Sitz nach Maßgabe der Fig. 8 durch die entsprechend ausgearbeiteten Rücken von Keilen gebildet wurde, die an Stelle der Beilegekeile in die Einspannmäuler der Maschine eingelegt wurden. Im Ganzen wurden 11 Versuchsreihen ausgeführt und zwar die ersten fünf mit dem Material 2 („Zäh"), die übrigen mit dem Material 3 („Mittelhart"). Die gewonnenen Ergebnisse sind nachstehend in den Tabellen VIII—XII zusammengestellt und hierbei die Versuchsreihen mit laufenden Zahlen versehen, um den Hinweis auf die einzelnen Reihen bei Besprechung der Versuchsausführung und der Ergebnisse zu erleichtern. Bemerkt sei hierzu, daß mit Rücksicht auf die bessere Uebersicht bei der Zusammenstellung eine andere Reihenfolge gewählt wurde, als bei der Versuchsausführung. Die Reihen I bis V gelangten zur Ausführung, um zunächst die Größe der Dehnung bei stufenweiser Belastung und ununterbrochenem Versuch festzustellen. Die Belastung wurde theils mit dem Schiebegewicht, theils mit den zur Maschine gehörenden Aufsatzgewichten gegeben, immer aber die Auswechselung beider in gleicher Reihenfolge vorgenommen. Letztere ist aus den Aufzeichnungen in den Spalten 2 der Tabellen zu erkennen und zwar bedeutet

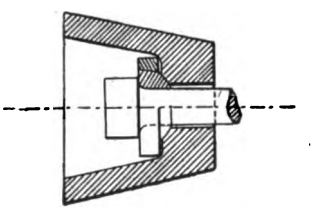


Fig. 8.

L/2: Schiebegewicht steht auf Mitte Hebel,
L: „ „ am Ende des Hebels,
I—V: Tonnengewichte auf der Belastungsschale.

Bei den Reihen I und IV (jedesmal die ersten Versuche mit den beiden Stäben) mußte die Belastung bei 7000 bezw. 8000 kg unterbrochen werden, weil die Keile

Digitized by Google

mit den Kugellagern sich an dem vorderen, der Presse zugelegenen Ende zuweit aus dem Maul herausgezogen hatten und auseinander klafften. Die Stäbe wurden dann nochmals herausgenommen und Zinkstreifen hinter die Keile gelegt. Es war dies erforderlich, weil die Ränder des Maules theils aufgesprungen, theils stark eingedrückt waren, so daß die Keile nicht mehr genügendes Widerlager fanden.

Die Reihen VI und VII bezweckten die Untersuchung auf etwaige Unterschiede bei Belastung mittels Schiebegewicht oder mit den Aufsatzgewichten. Die Versuche wurden mit 1000 und 2000 kg in der Weise ausgeführt, daß beide Belastungsweisen immer abwechselnd zur Anwendung kamen und jedesmal, wenn der Hebel unter der neuen Belastung wieder zum Einspielen gebracht war, die Dehnung des Stabes abgelesen wurde.

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihen finden sich in Tabelle IX.

Da sie für die beiden Belastungsweisen erhebliche Unterschiede zeigen, wurden die Reihen VIII und IX als Parallelversuche zu den Reihen I—V unter alleiniger Anwendung der Aufsatz-Gewichtstücke, d. h. ohne Schiebegewicht durchgeführt und hierbei die in Tabelle X zusammengestellten Werthe gefunden. Die Reihe X (s. Tabelle XI), welche wiederum unter Anwendung des Schiebegewichtes und der Aufsatzgewichte durchgeführt wurde, diente dazu zu ermitteln, ob Abheben der Stützstifte in der Einspannklaue E stattfindet und ob das Freiwerden dieser Stifte unter derjenigen Belastung eintritt, bei der die früheren Versuche einen plötzlichen Unterschied in den Differenzen der Dehnungen zeigen. Das Abheben der Stifte wurde durch Unterschieben eines Papierblattes festgestellt. Gleichzeitig war auf die obere Fläche des wagerechten Armes vom Hebel H_1 eine Libelle aufgesetzt, deren Anzeige abgelesen wurde, sobald der Hebel H unter den einzelnen Laststufen auf die Nullmarke einspielte.

Schließlich wurde durch die Reihe XI (s. Tabelle XII) der Einfluß der Genauigkeit des Einstellens des Hebels H auf die Nullmarke ermittelt, indem die Dehnung des Stabes für die einzelnen Laststufen abgelesen wurde, wenn der Hebel H etwa 5 mm unter der Nullmarke, genau auf derselben und wenn er 5 mm darüber stand.

D. Versuchsergebnisse.

Tabelle I. Ermittelung des Abstandes der Schneiden V und VI (vergl. Fig. 5 Seite 112).

Versuchsreihe		Entfernung	Linker Theil der Schneide			Rechter Theil der Schneide			
			Beobachter Rudeloff	Beobachter Brovot	Mittlerer Werth	Beobachter Rudeloff	Beobachter Brovot		Mittlerer Werth
a	Ablesungen mm	a + b	214,8	214,9	—	187,3	187,1	180,4	—
		b	138,9	138,9	—	110,6	110,3	108,7	—
	△ mm	a	75,9	76,0	75,95	76,7	76,8	76,7	76,73
	Ablesungen mm	$a_1 + b_1$	84,5	84,5	—	190,3	190,3	310,9	—
		b_1	160,4	160,4	—	113,6	113,6	387,6	—
	△ mm	a_1	75,9	75,9	75,90	76,7	76,7	76,7	76,70
b	Ablesungen mm	a + b	220,1	220,2	—	187,2	186,8		—
		b	144,4	144,3	—	111,0	110,9		—
	△ mm	a	75,7	75,9	75,80	76,2	75,9		76,05
c	Ablesungen mm	a + b	220,2	220,2	—	196,3	196,3		—
		b	143,6	143,6	—	120,6	120,7		—
	△ mm	a	76,6	76,6	76,60	75,7	75,6		75,65
Mittelwerth aus den 4 Reihen			76,08			76,38			
Mittlerer Abstand der Schneiden V. u. VI.			76,18						

Digitized by Google

Tabelle II.

Ermittelung des Abstandes der Schneiden IV und V.

Seite der Schneide V	Messung A	Messung B (s. Fig. 6)			Gesammtmittel für den Schneiden-Abstand
	Schneiden-Abstand mm	Abstand b mm	Halbmesser des Rohres mm	Schneiden-Abstand mm	mm
linke	761,0	753,0	8,7	761,7	761
rechte	760,0	752,5		761,2	
Mittel	760,5	—	—	761,45	

Tabelle III.

Ermittelung des Uebersetzungsverhältnisses am Hebel H.

Bezeichnung des Hebelarmes durch die Nr. der Schneiden	a) durch direktes Ausmessen				b) durch Auswiegen				
	Länge in mm			Uebersetzungsverhältniß	Nr. der Wiegung	Belastungen in kg an den Schneiden		Berechnetes Uebersetzungsverhältniß	
	links	rechts	Mittel			I	III	im Einzelnen	im Mittel
I—II	51,1	51,1	51,1	1 : 27,82	1	7,55	0,267	1 : 28,28	1 : 28,53
II—III	1421,8	1421,8	1421,8		2	9,554	0,339	1 : 28,18	

Tabelle IV.

Werthe für die Skala des Schiebegewichtes.

	links		rechts		Gesammt-Mittel mm
	im Einzelnen mm	im Mittel mm	im Einzelnen mm	im Mittel mm	
Entfernung des Nullpunktes von Schneide II	230,0	229,9	228,7	228,9	229,4
	229,7		229,0		
„ „ Endpunktes „ „ III	382,3	382,5	382,3	382,2	382,4
	382,7		382,1		
Ganze Länge der Theilung mm			812		
Gesammtzahl der Intervalle			40		
Länge eines Intervalles mm			20,3		
Für 1000 kg Anzahl der Intervalle			20		
Für 1000 kg Verschiebung des Gewichtes mm			406		

Tabelle V.

Gewichte der Belastungsstücke.

Lfde Nr.	Bezeichnung in dem Protokoll	Belastungswerth kg	eingeschlagenes Gewicht in kg	ermitteltes Gewicht in kg
1	Schiebegewicht L	0—2000	12,486	12,5
2	I	1000	3,5700	3,57
3	II	2000	7,1428	7,15
4				
5	V	5000	17 8572	17,86
6				
7				
8	X	10000	35,7143	35,71
9				

Digitized by Google

Tabelle VI.

Ergebnisse der Parallelversuche mit Flachstäben.

Lfde. Nr. des Versuches	Zeichen der Stäbe	Ursprüngliche Abmessungen: Breite mm	Dicke mm	Querschnitt qmm	Länge der Theilung mm	Streckgrenze: Belastung im Ganzen kg	Streckgrenze: Belastung kg/qmm	Bruchgrenze: Belastung im Ganzen kg	Bruchgrenze: Belastung kg/qmm	Der Bruch erfolgte zwischen den Marken	Bruchdehnung bezogen auf eine Länge von: 200 mm je 100 mm von der Bruchstelle %	Bruchdehnung bezogen auf eine Länge von: 100 mm je 50 mm von der Bruchstelle %	Bemerkungen
a) Prüfungen in der Versuchsanstalt.													
1	P 2	30,1 30,2 30,2	12,0 12,0 12,0	362	200	9000	24,9	15500	42,8	1/2	25,8	33,7	Die Bruchfläche war hell mattgrau, kurzschuppig mit Trichterbildung, zeigte helle körnige Einlagerungen und fast bei allen Stäben Risse mit glänzendem Saum.
2	P 4	30,1 30,1 30,1	12,1 12,0 12,1	364	200	9250	25,4	15500	42,6	Der Bruch erfolgte außerhalb der Theilung.			
3	P 6	30,1 30,1 30,1	12,1 12,2 12,1	364	200	9000	24,7	15500	42,6	1/2	24,2	30,6	
4	P 8	30,1	12,1	364	200	9250	25,4	15500	42,6	2/3	25,2	30,1	
5	P 10	30,0 30,1 30,0	12,0 12,0 11,9	357	200	9250	25,9	15300	42,9	4/5	25,0	31,1	
Mittel		—	—	362	200	—	25,3	—	42,7	—	25,1	31,4	
b) Prüfungen der Aktien-Gesellschaft Peiner-Walzwerk.													
1	P 1	30,1 30,1 30,1	12,0 12,0 11,9	358	200	11000	30,7	15250	42,6	Der Bruch erfolgte im letzten Theilstrich.			In dem von der Versuchsstelle ausgefertigten Protokoll sind die Querschnitte mit einer Dezimale angegeben.
2	P 3	30,1 30,2 30,1	12,0 12,1 12,0	361	200	11000	30,5	15000	41,5	Der Bruch erfolgte außerhalb der Theilung.			
3	P 5	30,1 30,1 30,1	12,2 12,1 12,1	364	200	10500	28,8	15250	41,9	Der Bruch erfolgte außerhalb der Theilung.			
4	P 7	30,1 30,1 30,1	12,1 12,0 12,1	361	200	9750	27,0	14500	40,2	5/6	25,5	31,0	
5	P 9	30,0 29,9 30,0	12,1 12,2 12,1	365	200	11250	30,8	14500	39,7	5/6	25,5	31,0	
Mittel		—	—	362	200	—	29,6	—	41,2	—	25,5	31,0	
c) Verhältnißzahlen für die Mittelwerthe aus beiden Verhältnißreihen, die Werthe der Reihe a gleich 100 gesetzt.													
—	—	—	—	100	100	—	117	—	96,5	—	101,6	98,7	

Digitized by Google

Tabelle VII.

Ergebnisse der Zugversuche mit den Normalstäben auf der Maschine G der Versuchsanstalt.

Lfde. Nr. des Versuchs	Zeichen des Stabes	Tag der Prüfung	Dehnungszuwachs (in $^1/_{10000}$ mm) für die Laststufen von 1000 kg										Bleibende Dehnung $^1/_{10000}$ mm
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	2 D.	28/I. 88	(147)	143	143	143	141	145	140	141	144	142	—
2		28/I. 88	(139)	144	141	140	140	141	140	141	144	(137)	—
3		27/I. 88	(140)	144	140	142	140	140	144	138	140	140	—
4		23/I. 90	(140)	142	141	140	141	142	141	141	142	142	— 6
5		18/III. 90	(140)	139	144	143	144	143	143	141	144	144	+ 1
6		18/III. 90	(144)	142	142	144	143	143	144	142	144	143	+ 5
7		18/III. 90	(140)	144	143	143	143	144	144	143	143	143	+ 1
8		9/IV. 90	(141)	143	140	140	141	143	141	140	141	142	— 2
Mittel für die Laststufen			(141)	143	142	142	142	143	142	142	143	142	
Gesammtmittel			142										
1	3 C.	27/I. 88	(148)	142	143	144	142	146	143	144	146	142	—
2		27/I. 88	(144)	144	141	142	144	142	143	144	142	144	—
3		27/I. 88	(148)	145	141	140	142	142	141	142	145	142	—
4		17/III. 90	(147)	142	148	147	142	145	144	141	142	145	+ 5
5		9/IV. 90	(144)	142	144	142	142	144	140	143	145	142	— 2
Mittel für die Laststufen			(146)	143	143	143	142	144	142	143	144	143	
Gesammtmittel			143										

Bemerkung: Die Anfangsbelastung betrug bei allen Versuchen 250 kg. Die Dehnung für die erste Laststufe ist durch Multiplikation der Ablesungen mit $^4/_3$ ermittelt und in Klammern gesetzt.

Tabelle VIII.

Dehnung der Normalstäbe bei stufenweise anwachsender Belastung.

Belastung durch Schiebegewicht und Aufsatzgewichte.

1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Belastung kg	Belastungsweise	Spiegel-Ablesung links $\frac{1}{5000}$ mm	Spiegel-Ablesung rechts $\frac{1}{5000}$ mm	Gesammt-Dehnung $\frac{1}{10000}$ mm	Dehnungszuwachs pro 1000 kg $\frac{1}{10000}$ mm	Belastung kg	Belastungsweise	Spiegel-Ablesung links $\frac{1}{5000}$ mm	Spiegel-Ablesung rechts $\frac{1}{5000}$ mm	Gesammt-Dehnung $\frac{1}{10000}$ mm	Dehnungszuwachs pro 1000 kg $\frac{1}{10000}$ mm
Versuchsreihe I. Stab 2 D. Marke 5—20.						Versuchsreihe II. Stab 2 D. Marke 5—20.					
250	L + II + I V[1]	0	0	0	—	1 000[1]	L/2	0	0	0	—
1 000		82	18	100	(133)	2 000	L	86	98	184	184
2 000		194	110	304	204	3 000	L + I	171	183	354	170
3 000		278	179	457	153	4 000	L + II	252	252	504	150
4 000		359	251	610	153	5 000	L + II + I	345	311	656	152
5 000		433	330	763	153	6 000	L/2 + V	431	380	811	155
5 000		439	329	768	5	7 000	L + IV	510	453	963	152
6 000		511	407	918	150	8 000	L + V + I	579	528	1 107	144
7 000 [2]		592	491	1 083	165	9 000	L + V + II	649	600	1 249	142
250		+73	−88	+35	—	10 000	L + V + II + I	711	679	1 390	141
						7 000	L + V	492	458	950	(158)
						2 000	L	110	70	180	(180)
						1 000	L/2	+28	−2	+26	—

[1]) Der Hebel lag nach dem Austausch der Gewichte oben im Schlitz an.

[2]) Die Einspannbacken klaffen; es wird entlastet und der Stab herausgenommen.

[1]) Die Spiegel sind von neuem angesetzt.

Digitized by Google

Zu Tabelle VIII.

1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Belastung kg	Belastungsweise	Spiegel-Ablesung links 1/5000 mm	Spiegel-Ablesung rechts 1/5000 mm	Gesammt-Dehnung 1/10000 mm	Dehnungszuwachs pro 1000 kg 1/10000 mm	Belastung kg	Belastungsweise	Spiegel-Ablesung links 1/5000 mm	Spiegel-Ablesung rechts 1/5000 mm	Gesammt-Dehnung 1/10000 mm	Dehnungszuwachs pro 1000 kg 1/10000 mm
Versuchsreihe III. Stab 2 D. Marke 5—20.						Versuchsreihe IV. Stab 3 C. Marke 5—20.					
1 000	L/2	0	0	0	—	1 000[1])	L/2	0	0	0	—
2 000	L	108	82	190	190	2 000	L	113	99	212	212
3 000	L+I	169	159	328	138	3 000	L+I	215	169	384	172
4 000	L+II	248	239	487	159	4 000	L+II	292	251	543	159
5 000	L+II+I	326	317	643	156	5 000	L+II+I	358	332	690	147
6 000	L/2+V	409	396	805	162	6 000	L/2+V	422	431	853	163
7 000	L+V	488	473	961	156	7 000	L+V	489	521	1 010	157
8 000	L+V+I	561	553	1 114	153	8 000[2])	L+V+I	—	—	—	—
9 000	L+V+II	633	629	1 262	148	1 000[3])	L/2	−61	+73	+12	—
10 000	L+V+II+I	704	704	1 408	146						
7 000	L+V	483	489	972	(162)						
2 000	L	94	105	199	(199)						
1 000	L/2	1	20	21	—						

[1]) Der Stab wurde am 25/III eingelegt und die Messapparate angesetzt. Die Versuchsreihe wurde am 28/III ausgeführt.
[2]) Die Einspannbacken klaffen; es wird entlastet.
[3]) Der Stab wird herausgenommen.

Versuchsreihe V. Stab 3 C. Marke 5—20.

1 000[1])	L/2	0	0	0	—	7 000	L+V	432	583	1 015	155
2 000	L	61	148	209	209	8 000	L+V+I	502	665	1 167	152
3 000	L+I	130	259	389	180	9 000	L+V+II	571	750	1 321	154
4 000	L+II	210	339	549	160	10 000	L+V+II+I	638	838	1 476	155
5 000	L+II+I	282	416	698	149	1 000	L/2	+8	+3	+11	—
6 000	L/2+V	361	499	860	162	1 000[2])	L/2	+22	−8	+14	—

[1]) Diese Reihe schließt an Reihe IV an. Der Stab war von neuem eingelegt, die Backen hinterkeilt und die Spiegelapparate von neuem angesetzt.
[2]) Zweite Entlastung, nachdem weit unter 1000 kg zurückgegangen war, wurden 1000 kg zur Ablesung von neuem angehoben.

Tabelle IX.

Unterschiede in den Dehnungen bei den Belastungen mit dem Schiebegewicht und mit den I und II Tonnen-Gewichten.

Belastung kg	Belastungsweise	Spiegel-Ablesungen links 1/5000 mm	Spiegel-Ablesungen rechts 1/5000 mm	Gesammt-Dehnung 1/10000 mm	Unterschied gegen die erste Ablesung bei gleicher Belastung	Belastung kg	Belastungsweise	Spiegel-Ablesungen links 1/5000 mm	Spiegel-Ablesungen rechts 1/5000 mm	Gesammt-dehnung 1/10000 mm	Unterschied gegen die erste Ablesung bei gleicher Belastung
Versuchsreihe VI. Stab 2 D. Marke 5—20.						Versuchsreihe VII. Stab 3 C. Marke 5—20.					
1000	L/2	1	20	21	—	1000	L/2	0	0	0	—
"	I	8	25	33	—	"	I	3	3	6	—
"	L/2	5	22	27	+6	"	L/2	2	1	3	+3
"	I	12	29	41	+8	"	I	2	1	3	−3
"	L/2	9	27	36	+15						
2000	L	98	103	201	—	2000	L	96	97	193	—
"	II	95	107	202	—	"	II	101	98	199	—
"	L	97	108	205	+4	"	L	103	98	201	+8
"	II	97	107	204	+2	"	II	102	98	200	+1
						—	—	—	—	—	

Digitized by Google

Tabelle X.

Dehnung der Normalstäbe bei stufenweise anwachsender Belastung.
Belastung durch I—V Tonnen-Gewichte.

Belastung kg	Belastungsweise	Spiegel-Ablesungen links $\frac{1}{5000}$ mm	Spiegel-Ablesungen rechts $\frac{1}{5000}$ mm	Gesammt-Dehnung $\frac{1}{10000}$ mm	Dehnungszuwachs pro 1000 kg $\frac{1}{10000}$ mm	Belastung kg	Belastungsweise	Spiegel-Ablesungen links $\frac{1}{5000}$ mm	Spiegel-Ablesungen rechts $\frac{1}{5000}$ mm	Gesammt-Dehnung $\frac{1}{10000}$ mm	Dehnungszuwachs pro 1000 kg $\frac{1}{10000}$ mm
Versuchsreihe VIII. Stab 2 D. Marke 5—20.						Versuchsreihe IX. Stab 2 D. Marke 5—30.					
1000	I	10	27	37[2]	—	1000	I	0	0	0	—
2000	II	96	107	203[2]	166	2000	II	89	93	182	182
3000	II + I	172	182	354	151	3000	II + I	168	182	345	163
5000	V	332	338	670	316[3]	5000	V	298	374	672	327[3]
6000	V + I	409	415	824	154	6000	V + I	367	470	837	165
7000	V + II	490	491	981	157	7000	V + II	431	554	985	148
8000	V+II+I	561	569	1130	149	8000	V+II+I	500	640	1140	155
10000	V + V	713	726	1439	309[4]	10000	V + V	638	811	1449	309[4]
1000	I	11	41	52	—	1000[1]	I	− 8	− 27	− 35	—
1000[1]	I	−9	+ 39	30	—	1000[2]	L/2	± 0	− 20	− 20	—

[1]) Weit unter 1000 kg entlastet und dann wieder angehoben.
[2]) Mittelwerthe aus Versuchsreihe VI.
[3]) für 1000 kg = 158.
[4]) für 1000 kg = 155.

[1]) Wasser abgelassen, beide V Tonnen-Gewichte abgehoben, Hebel liegt oben an und dann I Tonnen-Gewicht aufgesetzt.
[2]) L/2 hergestellt und dann I Tonnen-Gewicht abgehoben.
[3]) für 1000 kg = 164.
[4]) für 1000 kg = 555.

Tabelle XI.

Untersuchung bezüglich des Abhebens der Stützstifte an der Klaue E.

Belastung kg	Belastungsweise	Spiegel-Ablesungen links $\frac{1}{5000}$ mm	Spiegel-Ablesungen rechts $\frac{1}{5000}$ mm	Gesammt-Dehnung $\frac{1}{10000}$ mm	Dehnungs-Zuwachs pro 1000 kg $\frac{1}{10000}$ mm	Stand der Libelle	Belastung kg	Belastungsweise	Spiegel-Ablesungen links $\frac{1}{5000}$ mm	Spiegel-Ablesungen rechts $\frac{1}{5000}$ mm	Gesammt-Dehnung $\frac{1}{10000}$ mm	Dehnungs-Zuwachs pro 1000 kg $\frac{1}{10000}$ mm	Stand der Libelle
Versuchsreihe X. Stab 3 C. Marke 5—20.													
1000	L/2	0[1])	0[1])	0[1])	—	—	7000	L + V	459	552	1011	156	3,25[1])
2000	L	88	109	197	197	—	8000	L + V + I	528	647	1170	159	3,5
3000	L + I	172	192	364	167	—[2])	9000	L + V + II	589	735	1324	154	3,5
4000	L + II	254	273	527	163	3,0	10000	L+V+II+I	658	819	1477	153	4,5
5000	L + II + I	326	363	689	162	3,0	1000	L/2	− 6	+ 7	+ 1	—	—
6000	L/2 + V	396	459	855	166	3,25	—	—	—	—	—	—	—

[1]) Die Spiegel sind neu angesetzt und eingestellt.
[2]) Der rechte Stützstift ist frei.

[1]) Linker Stützstift ist frei.

Digitized by Google

Tabelle XII.

Einfluß des ungenauen Einstellens des Belastungshebels zur Nullmarke auf die Spannung im Probestabe.

Belastung kg	Belastungsweise	Lage des Hebels	Spiegel-Ablesungen links $\frac{1}{5000}$ mm	Spiegel-Ablesungen rechts $\frac{1}{5000}$ mm	Gesammtdehnung $\frac{1}{10000}$ mm	Dehnungszuwachs für gleiche Hebellagen $\frac{1}{10000}$ mm	Unterschiede in der Gesammtdehnung gegen die Mittellage $\frac{1}{10000}$ mm	Unterschiede ausgedrückt in kg, wenn 1000 kg = $\frac{143}{10000}$
Versuchsreihe XI. Stab 3 C. Marke 5—20.								
1000	L/2	Mitte	0	0	0	—	—	—
2000	L	Unten	73	61	134	134	— 37	259
		Mitte	98	78	171	171	—	—
		Oben	117	98	215	215	+ 44	308
4000	L + II	Unten	266	238	504	370	— 29	203
		Mitte	281	252	533	362	—	—
		Oben	288	258	546	331	+ 13	91
6000	L/2 + V	Unten	417	430	847	343	— 12	84
		Mitte	422	437	859	326	—	—
		Oben	427	443	870	324	+ 11	77
8000	L + V + I	Unten	548	616	1164	317	— 12	84
		Mitte	552	624	1176	317	—	—
		Oben	553	631	1184	314	+ 8	56
10000	L+V+II+I	Unten	679	796	1475	311	— 8	56
		Mitte	682	801	1483	307	—	—
		Oben	689	809	1498	314	+ 15	105
1000	L/2	Mitte	9	13	22	—	—	—

E. Besprechung der Versuchsergebnisse.

Nach den in Tabelle I—III aufgeführten Beobachtungen ergaben sich für die beiden Hebel der Wiegevorrichtung die Uebersetzungsverhältnisse:

a) für den Hebel H_1 zu $\frac{761}{76{,}18} = 1 : 9{,}99$

b) für den Hebel H im Mittel zu $1 : 28{,}18$.

Die Gesammtübersetzung in der Wiegevorrichtung berechnet sich hiernach zu $1 : 9{,}99 \cdot 28{,}18 = 1 : 281{,}5$ und der Belastungswerth der in Tabelle V angegebenen Gewichte wie folgt:

1. für das I Tonnen-Gewicht zu $281{,}5 \cdot 3{,}57 = 1005$ kg
2. „ die II „ Gewichte „ $281{,}5 \cdot 7{,}1428 = 2010{,}7$ „
3. „ „ V „ „ „ $281{,}5 \cdot 17{,}8572 = 5026{,}8$ „ und
4. „ „ X „ „ „ $281{,}5 \cdot 35{,}7143 = 10053{,}5$ „.

Die Belastungswerthe sind demnach für alle Auflatzgewichte um 0,5—0,54 % zu groß.

Digitized by Google

Der Belastungswerth des Schiebegewichtes berechnet sich aus der Gleichung $p \cdot \frac{l}{a} \cdot v$, in welcher bedeutet

p das Eigengewicht des Schiebegewichtes (s. Tabelle V 1),
l die Weglänge der Verschiebung (s. Tabelle IV),
a die Länge des Hebelarmes I ~ II (s. Tabelle III) und
v das Uebersetzungsverhältniß des Winkelhebels H_1.

Setzt man die entsprechenden Werthe ein und zwar für l die ganze Länge der Theilung, so ergiebt sich der Belastungswerth zu $12{,}5 \cdot \frac{812}{51{,}1} \cdot 9{,}99 = 1983{,}8$ kg. Er soll angeblich 2000 kg entsprechen,

ist also um 10,86 % zu klein.

Tabelle XIII.

Abgeleitet aus den Werthen der Tabellen VIII, X und XI.

Lfde. Nr.	Versuchsreihe	Vergl. Tabelle	Zeichen des Stabes	Dehnungszuwachs ($^1/_{1000}$ mm) für die Laststufen von 1000 kg										Bleibende Dehnung $\frac{1}{10000}$ mm
				1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10 000	
1	I	VIII	2 D	(133)	204	153	153	153	150	165	—	—	—	+ 35
2	II			—	184	170	150	152	155	152	144	142	141	+ 26
3	III			—	190	138	159	156	162	156	158	148	146	+ 21
4	VIII	X		—	166	151	(158)	(158)	154	157	149	(155)	(155)	+ 30
Im Mittel		—		—	186	153	155	155	155	158	149	148	147	+ 28
In % zu 142		—		—	131	108	109	109	109	111	105	104	104	—
1	IV	VIII	3 C	—	212	172	159	147	163	157	—	—	—	+ 12
2	V			—	209	180	160	149	162	155	152	154	155	+ 14
3	IX	X		—	182	163	(164)	(164)	165	148	155	(155)	(155)	— 35
4	X	XI		—	197	167	163	162	166	156	159	154	153	+ 1
Im Mittel		—		—	200	171	162	156	164	154	155	154	154	—
In % zu 148		—		—	140	120	118	109	115	108	108	108	108	—
Mittlere Verhältnißzahl				—	135	114	111	109	112	110	107	106	106	—

In Tabelle XIII sind nun zur Prüfung dieser Verhältnisse nach dem Ausfall der Zugversuche mit den Normalrundstäben die in den Tabellen VIII, X und XI abgeleiteten Werthe für die Dehnungszunahme bei Steigerung der Belastung von 1000 zu 1000 kg nochmals übersichtlich zusammengestellt und zu denjenigen Werthen (s. Tabelle VII) in Verhältniß gesetzt, welche mit denselben Stäben und für die gleichen Laststufen auf der Prüfungsmaschine der Versuchsanstalt gefunden wurden. Bei den Versuchsreihen VIII und IX wurde die Belastung zweimal um je 2000 kg gesteigert, weil die Belastungen von 4000 und 9000 kg mit den verfügbaren Gewichtsstücken nicht erzielt werden konnten. In der Tabelle XIII sind die für die doppelte Laststufe ermittelten Dehnungszunahmen auf die entsprechenden beiden Stufen gleichmäßig vertheilt und um dies anzudeuten, die durch Rechnung ermittelten Werthe eingeklammert, zur Mittelbildung aber mit herangezogen.

Digitized by Google

Wie die Verhältnißzahlen beider Versuchsreihen zu den in der Anstalt gefundenen mittleren Dehnungsstufen zeigen, wurden auf der zu prüfenden Maschine durchweg größere Dehnungen gefunden als bei der Prüfung in der Anstalt. Es besagt dies allgemein, daß auch die im Stabe erzeugten Spannungszuwachse für die jeweilige Laststufe größer waren, als sie nach den aufgesetzten Gewichten sein mußten. Das größte mittlere Verhältniß ist wie 100 : 135, das kleinste wie 100 : 106 gefunden. Die Unterschiede zwischen den Beobachtungen an beiden Maschinen betragen also + 35 % beziehentlich + 6 %. Nach den obigen Ermittelungen der Belastungswerthe der Gewichtsstücke hätte dieser Unterschied im ungünstigsten Falle + 0,5 % betragen müssen. Das Mehr ist daher auf Widerstände in der Wiegevorrichtung zurückzuführen, welche neben dem Moment der Belastungsgewichte durch die Spannung des Probestabes mit zu überwinden sind, damit die Wiegevorrichtung nach jeder neuen Belastung wieder in die Gleichgewichtslage gebracht wird. Die Dehnung des Stabes muß alsdann um einen diesem Widerstande entsprechenden Betrag größer werden.

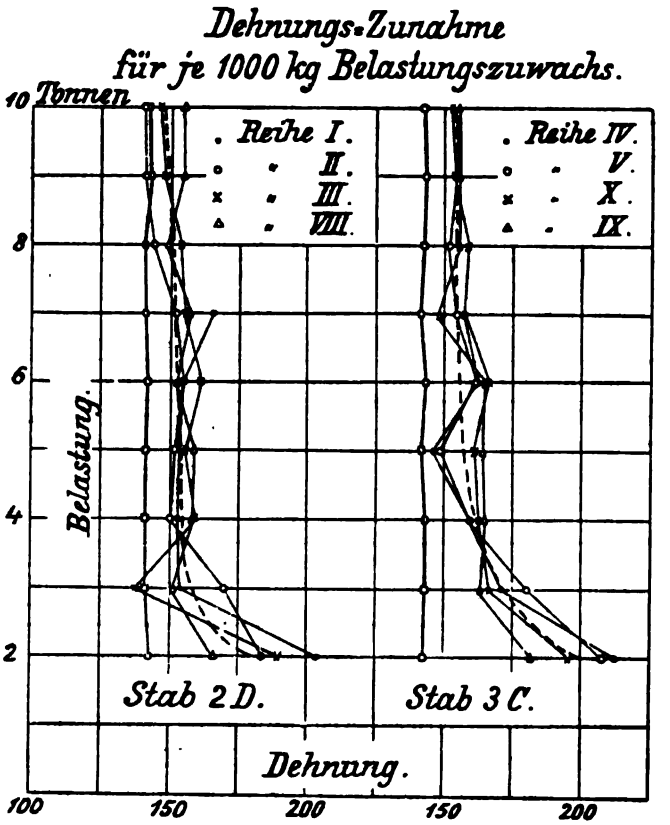


Fig. 9.

Weiter ergiebt sich, daß die Verhältnißzahlen, also auch die in der Wiegevorrichtung liegenden Widerstände mit zunehmender Belastung abnehmen (vergl. Schaulinien Fig. 9).

Wie schon Seite 115 gesagt ist, sind diese Widerstände zum Theil durch die Unterstützung der Einspannklaue E veranlaßt; ihre Abnahme ist daher damit zu erklären, daß die beiden Stützstifte sich mit zunehmender Belastung von der Grundplatte abhoben, so daß der durch sie veranlaßte Reibungswiderstand schließlich ganz beseitigt wurde. Nach der Versuchsreihe X (Tabelle XI) trat dieses gänzliche Freiwerden der Stützstifte nach etwa 7000 kg ein, d. h. bei derselben Belastung, nach der auch die mittleren Dehnungsstufen den kleinsten Werth erreichten, welcher dann bis zur größten angewendeten Belastung von 10000 kg konstant blieb (s. Tabelle XIII). Es ist hervorzuheben, daß dieser Zustand nicht immer in gleicher Weise eintritt, sondern von der Lage des Probestabes in der Einspannung abhängt. Der Betrag der Reibung kann auch bei Wiederholung einer Belastungsreihe sich ändern, selbst wenn keine Aenderungen an der Einspannung und Auf-

Digitized by Google

stellung der Apparate vorgenommen wurden, weil die Art der Einspannung Lagenänderungen des Stabes und der Spanntheile zuläßt. Bei den in Rede stehenden Versuchen war der Stab so eingelegt, daß seine Achse mit der auf der Klaue angebrachten Marke, dem Merkmal für die Zugachse der Maschine, möglichst genau zusammenfiel. Legt man den Kopf des Stabes in der Einspannklaue E tiefer, so wird das Abheben der Stifte bei einer geringeren Belastung stattfinden, weil dann die auf Anheben wirkende Komponente der Zugkraft eine größere ist. Umgekehrt kann bei hinreichend hoch eingelegtem Kopf der Fall eintreten, daß die Stifte sich überhaupt nicht von ihrer Unterstützungsfläche abheben. Der Reibungswiderstand wird dann nicht mit zunehmender Belastung des Stabes geringer werden, sondern beständig anwachsen. Es ist noch zu bemerken, daß wegen der mit wachsender Belastung wachsenden Formänderungen an den Maschinentheilen, namentlich an Hebeln, Schneiden, Pfannen und Zugstangen, die für jeden Belastungszustand in Frage kommenden mathematischen Hebelarme sich ändern. Auch hierin liegt ein Grund für die Abweichungen der Dehnungsunterschiede gegenüber den in der Versuchsanstalt gefundenen. Indessen darf man wohl annehmen, daß die zuletzt genannten Abweichungen nur von sehr untergeordnetem Betrage sein werden.

Die unmittelbare Bestimmung des Reibungswiderstandes konnte nur im Leerzustande der Maschine erfolgen. Wie auf Seite 114 beschrieben ist, genügte bei zurückgeschobener Einspannvorrichtung die Belastung der Wageschale mit 15 g, um einen merklichen Ausschlag des Hebelsystems zu bewirken, während hierzu 160 g erforderlich waren, sobald die Einspannklaue gegen die Schneide vorgeschoben war und daher mit in Bewegung gesetzt werden mußte. Der Unterschied beider Belastungen von **145 g** war also zur Ueberwindung des Reibungswiderstandes bei Bewegung der Klaue erforderlich. Soll diese Bewegung nun durch eine unmittelbar an die Klaue angreifende Zugkraft bewirkt werden, wie es beim Versuch durch die Spannung im Probestabe geschieht, so muß diese mit Rücksicht auf das Uebersetzungsverhältniß der Wiegevorrichtung das 281,5fache der vorgenannten Belastung, d. h. $281{,}5 . 0{,}145 = 40{,}8$ **kg** betragen. Nach Tabelle VII ist die mittlere, der Belastung proportionale Dehnung der benutzten Normalstäbe für 1000 kg gleich 142 bez. 143 Maßeinheiten ($^1/_{10000}$ Millimeter). Der zu überwindende Reibungswiderstand von 40,8 kg wird daher eine Zunahme der Dehnung um $\frac{142 . 40{,}8}{1000} = 5{,}8$ Maßeinheiten oder einen Fehler von 4,1 % bewirken.

Indirekt wurden die Widerstände in der Wiegevorrichtung durch die Versuchsreihe XI (Tabelle XII) ermittelt, bei der die Dehnung des Stabes bei drei verschiedenen Lagen des Hebels H in der Mittellage und in deren Nähe abgelesen wurde. Vernachlässigt man nämlich den namentlich bei kleinen Belastungen geringen Fehler, welcher aus den eintretenden Aenderungen der mathematischen Hebelarme entsteht, so können die in der letzten Spalte der Tabelle XII angegebenen Dehnungsunterschiede nur durch Widerstände in der Wiegevorrichtung veranlaßt sein und daher unmittelbar als Maßstab für die Größe dieser Widerstände bei den zugehörigen Belastungen angesehen werden. Ihr zunehmender Einfluß auf die Spannung des Probestabes erklärt sich wie folgt. Wie oben gesagt wurde, ist der Widerstand in der Wiegevorrichtung zum größten Theil auf die Reibung zwischen den Stützstiften der Einspannklaue und dem Maschinenbett zurückzuführen. Bevor diese Reibung beim Anheben der Belastung oder bei Bewegung der Klaue über-

Digitized by Google

haupt überwunden wird, erfahren die Stützstifte eine elastische Verbiegung, deren Betrag von der Größe des Reibungswiderstandes abhängt und sich überschläglich wie folgt berechnet. Das Gewicht der Klaue beträgt rechnungsmäßig etwa 136 kg, nimmt man hiervon $^1/_4$ als Reibungswiderstand, so ergiebt sich die Kraft, welche die Verbiegung der Stützstifte veranlaßt, zu rund 34 kg. Der Durchmesser der Stifte ist auf 15 mm geschätzt, ihre Länge etwa 40 mm. Die Durchbiegung berechnet sich daher, wenn nur ein Stift zur Auflage kommt, zu $f = \frac{P l^3}{J.E.3} = \frac{34 . 40^3 . 64}{3{,}14 . 15^4 . 20000 . 3} \simeq 0{,}02$ mm. Hiernach würde der Hebel H, selbst wenn alle Schneiden der Wiegevorrichtung fest in den Pfannen liegen, einen Ausschlag von $0{,}02 . 281{,}5 = 5{,}6$ mm vollziehen können, ohne daß die Stützstifte zum Gleiten gelangen. Da die Werthe, welche dieser Berechnung zu Grunde liegen, nur nach Schätzung genommen sind, so kann das erhaltene Ergebniß nur als Annäherungswerth angesehen werden. Immerhin zeigt aber die vorstehende Betrachtung, daß die Stützstifte, so lange sie unten aufstehen, beim Versuch in Biegungsspannung versetzt werden, welche einen Theil der auf die Einspannklaue ausgeübten Kraft aufnimmt, indem ihre Wirkung der Kraftwirkung entgegen gerichtet ist. Bei Ausführung der Versuchsreihe XI (Tabelle XII) wurde nun in der Weise verfahren, daß man die Einstellung der Meßapparate auf Null bei der Mittellage des Hebels H vornahm, alsdann das Belastungsgewicht aufsetzte und nun in drei Stufen: „bis 5 mm unter der Mittellage, bis zu dieser und bis 5 mm darüber" anhob. Beim Aufsetzen der Belastungsgewichte mußte die Einspannklaue dem Ausschlage des Hebels entsprechend eine Bewegung nach links (s. Fig. 10) erleiden und die Stützstifte mußten nach dieser Richtung verbogen werden, so daß sie vermöge ihrer inneren Spannung bestrebt waren, die Klaue nach rechts zurückzuhalten. Wurde nun durch die bei P angreifende Kraft die Belastung angehoben, so kam nicht ihr ganzes Moment auf den Probestab zur Wirkung, sondern es ging hiervon so viel verloren, als der verbleibenden inneren Spannung der Stützstifte entsprach. Die Dehnung des Stabes mußte daher im Vergleich zu der der vollen Laststufe entsprechenden Dehnung (s. Tabelle VII) zu gering ausfallen, wie es thatsächlich beobachtet wurde. Nach Tabelle VII sollten nämlich einem Belastungszuwachs von 1000 kg 143 Maßeinheiten entsprechen, wogegen nur 134 gefunden wurden. Beim weiteren Anheben der Last bis auf die Mittelstellung des Hebels mußte der Anfangszustand in den Stützstiften wieder erreicht werden, die Belastung also ganz auf den Stab einwirken. Beim Anheben bis über die Mittellage, mit welchem eine Bewegung der Klaue nach rechts über ihre Anfangslage hinaus verbunden war, mußte dagegen der Reibungswiderstand beziehentlich die Biegungsspannung in den Stützstiften zu dem Moment der Belastungsgewichte hinzutreten. Die Spannung des Probestabes nahm daher mit dem Anheben des Hebels zu; es mußten also in gleichem Sinne steigende Dehnungen beobachtet werden. Mit zunehmender Belastung nahm, nach Tabelle XIII, der Reibungswiderstand ab, woraus es sich ohne Weiteres erklärt, daß auch die durch die Dehnungen Tabelle XII gemessenen Spannungsunterschiede bei den verschiedenen Hebellagen mit wachsender Belastung abnehmen mußten. Als Mittel (von Tab. XII vorletzte Spalte) ergaben sich nun aus den für die einzelnen Laststufen beobachteten beiden Dehnungsunterschieden folgende Werthe (s. Tab. XIV).

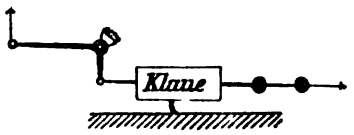


Fig. 10.

Digitized by Google

Tabelle XIV.

Belastung kg	2000	4000	6000	8000	10000
Mittlere Dehnungsunterschiede	41	21	12	10	12

Trägt man diese Werthe als Schaulinie (s. Fig. 11) auf und ermittelt an dieser die den ungeraden Laststufen entsprechenden Werthe, was recht wohl zulässig erscheint, da das Abheben der Klaue allmählich erfolgt und daher auch die Widerstände in gleichem Maße abnehmen werden, so zeigt sich zunächst, daß auch bei diesem Versuch wieder von 7000 kg ab ein konstanter Widerstand erreicht ist. Bringt man dann weiter die so ermittelten Werthe von denjenigen in Abzug, welche nach Tabelle XIII im Mittel für die gesammte Dehnungszunahme bei den gleichen Laststufen erzielt wurden, so werden die Restbeträge wenigstens annähernd als diejenigen Dehnungsbeträge angesehen werden können, welche den nominellen Belastungen ohne Reibungswiderstände entsprechen.

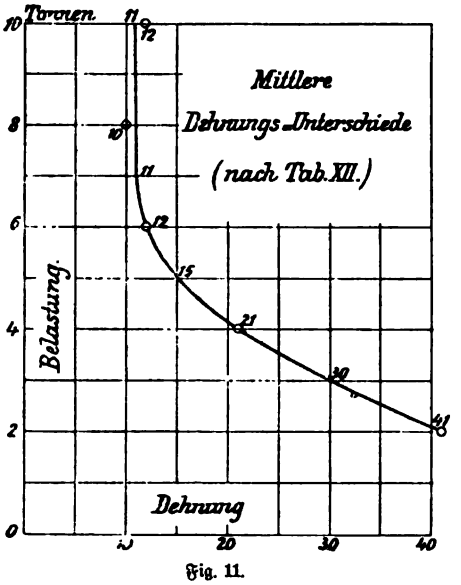


Fig. 11.

Man gelangt hierbei zu folgenden Werthen (s. Tabelle XV).

Tabelle XV.

Belastung kg		2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
Stab. 3 C	Beobachtete Dehnungszunahme	200	171	162	156	164	154	155	154	154
	Reibungsbetrag	41	30	21	15	12	11	11	11	11
	Differenz	159	141	141	141	152	143	144	143	143

Als Gesammtmittel für die Dehnung pro 1000 kg ergeben sich hieraus 145 Maßeinheiten oder 101,4% von dem in der Versuchsanstalt erhobenen Werth. Nur die Werthe 159 und 152 zeigen größere Abweichungen.

Ob die Widerstände im Wiegeapparat nach 7000 kg bis zu den höchsten zulässigen Belastungen und bei einer Einspannweise, welche das Abheben der Stützstifte veranlaßt, konstant bleiben, konnte mit den vorhandenen Hülfsmitteln nicht festgestellt werden. Auch lassen die Ergebnisse aus den Parallelversuchen mit Flachstäben (Tabelle VI) einen sicheren Schluß in dieser Frage nicht zu. Die sehr ungleichmäßigen Werthe für die Festigkeitseigenschaften des Probebleches, welche auf der zu untersuchenden Maschine erhalten wurden, deuten den sehr gleichmäßigen in der Versuchsanstalt erhobenen Bruchfestigkeiten gegenüber vielmehr darauf hin, daß die Lage des Stabes in der Einspannvorrichtung, wie bereits oben erwähnt wurde, einen erheblichen Einfluß auf das Ergebniß ausübt. Es ist nicht ausgeschlossen, daß nur die ersten

Digitized by Google

drei Stäbe eine solche Lage hatten, bei welcher Anheben der Einspannklaue stattfand, so daß die Reibungswiderstände schließlich aufgehoben waren und nun die Bruchlast dem in der Versuchsanstalt gefundenen Werth annähernd gleichkam. Der Unterschied beträgt bei einer mittleren Bruchlast von 42 kg 0,7 kg oder 1,7 %. Er kommt also demjenigen Betrage nahe, um welchen die Dehnung der Normalstäbe nach Abzug des auf die Reibungswiderstände entfallenden Dehnungsbetrages für die Laststufe größer gefunden wurde als bei den Untersuchungen in der Anstalt. Bei dem Stabe 5 (P. 9), dessen Bruchlast gegen den Mittelwerth um 6,8 % zu gering ist, könnte der Stabkopf oberhalb der Zugachse der Maschine gelegen haben, so daß die Reibungswiderstände bis zum Bruch des Stabes anwuchsen und so eine vermehrte Spannung des letzteren veranlaßten, welche aber bei der Kraftmessung nicht beobachtet werden konnte.

Ein erheblicher Einfluß der Widerstände in der Wiegevorrichtung und vor allem das Schwanken in der Größe dieser Widerstände äußert sich in den bleibenden Dehnungen (s. Tabelle XIII), welche die Normalstäbe nach dem Entlasten und Wiederanheben der Anfangsbelastung aufweisen. Bei dem Stabe 2 D betrugen diese bleibenden Dehnungen, welche man wohl besser als Unterschiede in den Ablesungen bei gleicher Belastung zu Anfang und am Ende des Versuches bezeichnen könnte, zwischen + 21 und + 35 Maßeinheiten. Sie lassen darauf schließen, daß sich bei allen Versuchsreihen dem Wiederanheben der Anfangslast nach der Entlastung größere Widerstände entgegensetzten als beim Beginn des Versuches. Beim Stabe 3 C schwanken die bleibenden Dehnungen zwischen — 35 und + 14 Maßeinheiten. Der negative Werth deutet auf geringeren, der positive wieder auf größeren Widerstand beim Anheben der Anfangslast.

Der Belastungswerth des Schiebegewichtes wurde auf Seite 125 nach den Ausmessungen der Belastungshebel als um 0,8 % zu klein berechnet, während derjenige der Belastungsstücke als um 0,5 % zu groß befunden war. Beim Auswechseln beider Belastungsweisen gegen einander mußte sich also in der Dehnung des Stabes ein Unterschied bis zu 1,3 % ergeben. Die nach dieser Richtung angestellten Versuche mit den Normalstäben waren zweierlei Art. Bei der einen Versuchsreihe wurden die Stäbe sowohl mit 1000 als auch mit 2000 kg abwechselnd durch das Schiebegewicht und durch die Belastungsstücke belastet. Die Ergebnisse sind in Tabelle IX zusammengestellt. Sie weisen allgemein für die Belastung mittelst Schiebegewicht die geringere Dehnung auf, ausgenommen bei der Belastungsreihe mit 2000 kg in der Versuchsreihe VI, wo die Dehnungen in beiden Fällen gleich groß sich ergaben. Die erhobenen Unterschiede rechnerisch zu verwerthen erscheint nicht zulässig, da die Ablesungen auch für die gleichen Belastungsarten bei jeder Wiederholung ein Anwachsen aufweisen, dessen Ursache wiederum in den Widerständen in der Wiegevorrichtung zu suchen sein dürfte.

Das zweite Verfahren bestand in der Durchführung besonderer Versuche, Reihe VIII und IX, bei denen die Belastung lediglich mittelst Aufsatzgewichte erzielt wurde, und in dem Vergleich der hierbei gewonnenen Dehnungsgrößen mit denjenigen aus Versuchsreihen mit kombinirter Belastungsweise. Die Tabelle XVI giebt diesen Vergleich in übersichtlicher Anordnung und zwar sind hierzu die Werthe der Versuchsreihen III und V aus Tabelle VIII herangezogen, welche unter den gleichen Versuchsbedingungen wie die Reihen VIII und IX ausgeführt sind, d. h. bei derselben Einspannung des Stabes und derselben Spiegelaufstellung.

Digitized by Google

Tabelle XVI.

Dehnungsunterschiede bei verschiedenen Belastungsweisen.

Nominelle Belastung kg			1000	2000	3000	5000	6000	7000	8000	10000
Nach dem Uebersetzungsverhältniß berechnete wirkliche Belastung	Bei kombinirter Belastungsweise . . .		992	1984	2989	4999,7	6018,8	7010,8	8015,8	10026,5
	Bei Belastung mit Gewichtsstücken		1005	2010,7	3015,7	5026,8	6031,8	7037,5	8042,5	10055,6
Wirklicher Belastungszuwachs (berechnet)	a) bei kombinirter Belastungsweise . . .		—	992	1997	4007,7	5026,8	6018,8	7023,8	9034,5
	b) bei Belastung mit Gewichtsstücken . . .		—	1005,7	2010,7	4021,8	5026,8	6032,5	7037,5	9048,6
	Werthe von b in % zu den Werthen von a .		—	101,4	100,7	100,3	100,0	100,2	100,2	—
Beobachtete Gesammtdehnung	a) bei kombinirter Belastungsweise	Stab 2D	—	190	328	643	805	961	1114	1408
		Stab 3C	—	209	389	698	860	1015	1167	1476
					159	*471*	*633*	*788*	*941*	*1242*
		Mittel	—	200	359	671	833	988	1141	1442
	b) Bei Belastung mit Gewichtsstücken	Stab 2D	—	166	317	623	787	944	1093	1402
		Stab 3C	—	182	345	672	837	985	1140	1449
					157	*474*	*638*	*791*	*943*	*1252*
		Mittel	—	174	331	648	812	965	1117	1426
	Werthe von b in % zu den Werthen von a		—	87	*98,8* 92,2	*100,6* 96,6	*100,8* 97,9	*100,4* 96,7	*100,2* 97,9	*100,8* 98,9

Wider Erwarten zeigt der Vergleich der Verhältnißzahlen für die Belastungswerthe und für die zugehörigen Dehnungen, daß den rechnungsmäßig größeren Belastungen die kleineren Dehnungen entsprechen. Die Ursache hierfür dürfte in größeren Reibungswiderständen zu suchen sein, welche bei den Versuchen a (kombinirte Belastungsweise) bei der ersten Laststufe aus irgend welchem Grunde auftraten. Werden nämlich, um diese vermeintliche Widerstandszunahme auszuschließen, die Dehnungen für 2000 kg Belastung als Nullablesung angesehen und von den Dehnungswerthen für die höheren Belastungen in Abzug gebracht, so ergiebt sich, wie die in liegender Schrift hinzugefügten Mittelwerthe darthun, daß im weiteren Verlauf des Versuches den größeren Belastungen auch die größeren Dehnungen entsprechen, sodaß die Prozentzahlen für die Gesammtdehnungen in der Reihe b zu denjenigen in der Reihe a nun Werthe über 100 darstellen.

Schlußfolgerungen.

Die im Vorstehenden besprochenen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen.

1. Die Belastungswerthe der Aufsatzgewichte sind um 0,5 bis 0,54 % zu groß.
2. Die Belastungswerthe des Schiebegewichtes sind um 0,8 % zu klein.

Digitized by Google

3. Die Wiegevorrichtung der Maschine ist mit Widerständen behaftet, welche in Wirklichkeit eine größere Belastung des Probestabes veranlaßt, als den Gewichtswerthen der Belastungsgewichte entspricht.
4. Der Betrag dieser Widerstände ändert sich mit zunehmender Belastung. Er nimmt ab, wenn durch den Zug des Probestabes ein Anheben der hinteren Einspannklaue stattfindet, und nimmt zu, wenn der Kopf des Stabes oberhalb der Zugachse der Maschine in die Klaue eingelegt ist, sodaß ein Druck nach unten auf die Klaue ausgeübt wird.
5. Der Einfluß dieser Widerstände auf das Endergebniß der Versuches kann wegen der Veränderlichkeit der Widerstände als Prozentsatz der Gesammtbelastung nicht angegeben werden, so daß die Maschine in dem jetzigen Zustande zuverlässige Werthe nicht liefert. Es empfiehlt sich daher die Unterstützung der Klaue zu ändern und statt der Stützstifte eine reibungslose Unterstützung anzubringen.

---

2. Die Sicherheit der qualitativen Holzschliffbestimmung.

Von W. Herzberg, Vorsteher der Abtheilung für Papierprüfung.

Zur Zeit als die Prüfungsmethoden für Papier noch weniger sicher ausgebildet waren als es jetzt der Fall ist, hatte es sich bei einem Theil der Interessenten geradezu zur Gewohnheit herausgebildet, die Unbequemlichkeiten, die einem Antragsteller in manchen Fällen aus dem Ergebniß der Prüfungen erwuchsen, ohne weiteres den Methoden selbst in die Schuhe zu schieben und diese für falsch oder ungenau zu erklären. Erreichte ein Papier die Festigkeitsklasse nicht, für welche es bestimmt war, oder ergaben sich bei wiederholter Prüfung ein und desselben Papiers geringe Unterschiede in den einzelnen Werthen, wie es bei der Prüfung eines solchen Materials ganz selbstverständlich ist, so wurde den Festigkeitsprüfungen Ungenauigkeit, der Versuchs-Ausführung Mangel an Sorgfalt vorgeworfen; fiel ein Papier bei der Prüfung des Widerstandes gegen Zerknittern und Reiben nicht nach Wunsch aus, so wurde der Versuch, weil subjectiv, als verwerflich erachtet; nur vereinzelt drang die Anschauung durch, daß das Papier selbst in den bei weitem meisten Fällen die direkte Ursache des Geschilderten war.

In dem Maße wie sich das Verständniß für das Prüfungswesen mehr und mehr in den betheiligten Kreisen entwickelte und man erkannte, daß wissenschaftliches Eindringen in die Fabrikationsweise eine nicht zu unterschätzende Ergänzung der praktischen Erfahrungen bilde, ließen diese ungerechtfertigten Urtheile nach. Sie tauchen jetzt nur noch vereinzelt auf.

Um so wunderbarer muß es erscheinen, wenn sich immer wieder Zweifel gegen eine Bestimmungsmethode erheben, bei welcher Sachkenner überhaupt niemals einen Einwand erwartet hätten, nämlich gegen die qualitative Bestimmung des Holzschliffs im Papier. Da der Versuchs-Anstalt erst in allerneuester Zeit wieder ein solcher Fall vorgekommen ist, in welchem die Bestätigung des Vorhandenseins von Holzschliff

Digitized by Google

angezweifelt wurde, so erscheint es zweckmäßig, die Bestimmungsmethoden für diesen Rohstoff sowie ihre Sicherheit näher zu beleuchten.

Zum gründlichen Verständniß der Sachlage mögen zunächst einige von den angezweifelten Untersuchungen mitgetheilt und die Art und Weise der Beweisführung für die seitens der Interessenten aufgestellten Behauptungen erläutert werden.

Eine Handlungsfirma lieferte einem größeren Abnehmer starke, weiße Büttenaktendeckel, die vertragsmäßig ohne Holzschliff gearbeitet sein mußten. Die mikroskopische Untersuchung ergab indessen, daß sie aus Leinen-, Baumwollfasern, Holzcellulose und Holzschliff (etwa 10%) bestanden. Der Lieferant, dem das Prüfungsergebniß seitens des Empfängers der Deckel vorgehalten wurde, wendete sich an die Versuchs-Anstalt und erklärte, daß ihm der Fabrikant der Deckel gegen Erbietung zum Eide versichert hätte, die Aktendeckel seien aus reinen Lumpen ohne Zusatz von Holzschliff hergestellt; trotzdem eine Verwechselung von Holzschliff mit irgend welchen anderen Fasern gänzlich ausgeschlossen war, wurden dennoch eine Reihe von Controlversuchen angestellt, die aber, wie zu erwarten war, nur das anfängliche Ergebniß bestätigten.

Der Fall wurde nun seitens des Lieferanten der Deckel veröffentlicht und in Fachblättern vielfach erörtert.*) Hierbei ergriff auch der Fabrikant der Aktendeckel das Wort und erklärte, daß die letzteren ohne Zusatz von Erde und Holzschliff gearbeitet seien und daß an dieser Thatsache der Befund der Versuchs-Anstalt in Charlottenburg nichts ändere.

Mit solchen Aeußerungen, die jede sachliche Erörterung abschneiden, kommt man aber nicht weiter. Der Fabrikant versichert ferner noch, daß er nur gute, völlig aufgeschlossene und gekollerte Cellulose verwendet habe.

An diese Veröffentlichungen knüpfte dann die Redaction der Papierzeitung noch folgende allgemeine Betrachtungen.

„Hier liegt somit ein Fall vor, in welchem sowohl die Versuchs-Anstalt wie andere Sachverständige gleichmäßig Holzschliff in Aktendeckeln gefunden haben, von denen der Fabrikant versichert, daß sie solchen nicht enthalten. Entweder ist daher der Fabrikant im Irrthum, oder die allgemein zur Erkennung von Holzschliff benutzten Mittel liefern falsche Ergebnisse und sind dazu nicht geeignet. Die Versuchs-Anstalt muß roh gebliebenes, d. h. schlecht aufgeschlossenes Holz, welches als Zellstoff verkauft worden sein mag, als Holzschliff oder als gleichwerthig mit diesem ansehen, da es sich chemisch ebenso verhält und jedenfalls dieselben Eigenschaften haben wird.

Es ist für unser ganzes Fach von größter Wichtigkeit, daß festgestellt wird, ob die bisher als richtig angenommenen Prüfungen auch wirklich auf Zuverlässigkeit Anspruch haben, und es wäre deshalb sehr zu wünschen, daß im vorliegenden Streitfall der Thatbestand auf irgend eine Weise genau festgestellt würde."

Ein weiterer lehrreicher Fall kam der Versuchs-Anstalt im geschäftlichen Verkehr mit einem Dänischen Auftraggeber vor. In einem guten Kanzleipapier wurden geringe Mengen Holzschliff nachgewiesen, deren Vorhandensein seitens des Fabrikanten entschieden in Abrede gestellt wurde. Der Fall wurde seiner Zeit in der Dänischen Zeitung „Nationaltidende" Nr. 4203 (Beilage) vom 12. Januar 1888 unter „Vort Papir" von K. Z. eingehend besprochen; hier sei auszugsweise Folgendes wiedergegeben. „Unter den

*) „Papierzeitung" 1888 S. 98 u. 326.

Digitized by Google

angeführten Untersuchungen befindet sich auch eine über Strandmöllens Krone-Bikube; dieses Papier enthält angeblich Holzschliff; aber thatsächlich ist niemals zu dem Papier Holzschliff gebraucht worden. Ich habe hier vor mir die Recepte und Muster von sämmtlichen im Laufe der Jahre fabrizierten Posten und kann versichern, daß in dieses Papier auch nicht ein Pfund Holzschliff verarbeitet ist; ich weiß wohl, daß Holzschliff und schlecht behandelte Cellulose mit Phloroglucin dieselbe Reaction geben. Wie die Verhältnisse jetzt liegen protestire ich auf das Entschiedenste dagegen, daß das besprochene Papier Holzschliff enthalten soll, und ich verlange, daß man unterscheide, ob einem Papier absichtlich Holzschliff zugesetzt ist, oder ob das Papier eine schwache Reaction mit Phloroglucin giebt, die daher kommt, daß die vorhandene Holzcellulose zurückgegangen ist, was auf eine weniger gute Fabrikation schließen läßt; daß Cellulose nach einiger Zeit sich verändern und wieder zu einer mehr holzartigen Masse werden kann, rührt daher, daß sie beim Kochen von den inkrustirenden Bestandtheilen nicht genügend befreit worden ist. Es muß ein großer Unterschied gemacht werden, ob absichtlich Holzschliff verwendet ist, da in diesem Fall ein wirkliches Quantum hinzugesetzt ist, oder ob ein Stoff, dessen Verwendung statthaft ist, über kurz oder lang Ursache einer schwachen Reaction giebt. Wie die Verhältnisse liegen, müssen die Fabrikanten energisch dagegen protestieren, daß diese Dinge in einen Topf gethan werden und, wie bei dieser Gelegenheit geschehen ist, zur Verdächtigung und zum Schaden der Geschäftsführung benützt werden. Die Untersuchungs-Anstalten müssen zu größerer Vorsicht ermahnt werden, wenn sie die Erklärung abgeben, daß ein Papier Holzschliff enthält, und müssen, wie schwierig es auch sein mag, eine Arbeitsmethode finden, die gegen unrichtige Resultate sichert.

Wie sie dieselben gestalten wollen, bleibt ihnen überlassen, aber wenn das Vertrauen nicht leiden soll, so muß etwas gethan werden."

Auf eine in diesem Artikel zum Ausdruck gebrachte falsche Vorstellung mag hier sofort eingegangen werden, da es später vielleicht an Gelegenheit hierzu fehlt. Aus den Worten des Verfassers: „Es muß ein großer Unterschied gemacht werden, ob absichtlich Holzschliff verwendet worden ist, oder

„ob ein Stoff über kurz oder lang Ursache einer schwachen Reaction giebt,"

geht hervor, daß der Autor von der Anschauung ausgeht, daß Cellulose, die von allen Inkrusten frei ist, durch Lagern allmählich in einen Zustand übergeht, in welchem sie mit Phloroglucin wieder eine schwache Reaction geben kann; er führt an, „daß Cellulose sich nach einiger Zeit verändern und zu einer mehr holzartigen Masse werden kann" und bezieht sich auf einen dahingehenden Ausspruch in Hofmanns Handbuch der Papier-Fabrikation. Dieser Ausspruch ist von Herrn K. J. wie es scheint irrthümlich aufgefaßt; Hofmann erwähnt, daß Sulfitcellulose, wenn sie längere Zeit lagert, unter Umständen wieder knochenhart und gewissermaßen wieder holzähnlich werden kann; diese Veränderung ist von Hofmann natürlich nur als eine physikalische angesprochen, von K. J. aber als eine chemische aufgefaßt worden. Zu dieser Auffassung mag auch der landläufige Ausdruck beigetragen haben, „die Cellulose geht zurück." Es ist damit indessen nur gemeint, daß sie an Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit verliert.

Die rothe Färbung des Holzschliffs in Berührung mit alkoholischer salzsaurer Phloroglucinlösung rührt von verschiedenen organischen Verbindungen her (Vanillin 2c.), welche durch einen zu Ende geführten Kochprozeß völlig entfernt, beziehungsweise zerstört

Digitized by Google

werden. Eine spätere Rückbildung dieser Verbindungen in der Cellulose in Folge längeren Lagerns, wie sie K. J. anzunehmen scheint, ist vollkommen unmöglich. Färbt Phloroglucin die Cellulose nach ihrer Fertigstellung nicht roth, so wird sie auch zu keinem anderen späteren Zeitpunkt dem daraus hergestellten Papier eine Färbung ertheilen; der Papierfabrikant hat es daher jederzeit in der Hand, sich zu vergewissern, ob seine Cellulose gut und von Holzsubstanz befreit ist oder nicht; von nachträglichen Veränderungen hat er in dieser Beziehung nichts zu fürchten.

Die beiden vorgeführten Fälle mögen als Beispiele für eine ganze Reihe ähnlicher dienen, welche der Versuchsanstalt zu dieser Frage noch vorliegen und welche allgemein in folgender Weise kurz gekennzeichnet werden mögen:

Die Angabe des Prüfungszeugnisses, daß das untersuchte Papier einen mehr oder minder großen Procentsatz an Holzschliff enthält, wird entschieden bestritten und diese Erklärung meist in folgender Weise zu begründen versucht:

1. es kann eidlich erhärtet werden, daß dem Papier kein Holzschliff zugesetzt worden ist;
2. es kann sich allenfalls um schlecht aufgeschlossene Cellulose handeln;

auf alle Fälle soll bei der Prüfung ein Irrthum unterlaufen sein.

Betrachten wir diese beiden, den Behörden von den Lieferanten bei mangelhaftem Ausfall der Controlprüfungen immer wieder aufgetischten Einwendungen etwas genauer, so muß die erste als ein sehr schwacher Versuch, das Prüfungsergebniß zu erschüttern, bezeichnet werden. *Auf welche Weise der Holzschliff in das Papier gelangt ist, ist für die Beurtheilung des Letzteren ganz ohne Bedeutung; für den Papierverbraucher genügt die Thatsache, daß er eben vorhanden ist* und der Prüfende hat die Pflicht, das Vorhandensein namhaft zu machen, wenn nicht etwa sehr geringe Mengen gefunden wurden.

Es soll gerne zugestanden werden, daß auf dem Recept, nach dem das Papier hergestellt wurde, kein Holzschliff vermerkt war und daß der Fabrikant demnach die Absicht hatte, das Papier ohne jeden Holzschliffgehalt zu erzeugen. Aber giebt es denn gar keine Möglichkeit, daß dieser Holzschliff gegen den Willen des Fabrikanten in das Papier gelangt? Sind denn Versehen der Arbeiter beim Eintragen in die Holländer, namentlich während der Nacht, von vorneweg ausgeschlossen?[1]) Können denn beispielsweise bei Verarbeitung von Papierspähnen, die garantirt ohne Holzschliff sein sollen, nicht immer solche mit unterlaufen, die dieses Surrogat dennoch enthalten?

Der Fabrikant, beziehungsweise der für die Fabrikation verantwortliche technische Beamte, kann nur die Anweisungen bezüglich der auszuführenden Arbeiten erlassen und deren Ausführung im Großen und Ganzen beaufsichtigen; er kann aber nicht an allen Stellen des Betriebes gleichzeitig sein und deshalb ist es sehr wohl denkbar, daß an irgend einer Stelle, sei es aus Unachtsamkeit oder gar aus bösem Willen, etwas ausgeführt wird, was mit seinen Anordnungen im Widerspruch steht.[2]) Es erscheint daher

[1]) In einem Artikel „*Ganzstoffmahlen*" der „*Papier-Zeitung*" 1890 Nr. 35 Seite 812 zählt ein Praktiker eine ganze Reihe von Möglichkeiten auf, wie Verunreinigungen, insbesondere Holzsplitter, in das Papier gelangen können.

[2]) Als Beispiel für solche Vorkommnisse mag der nachfolgende Fall dienen: Die Versuchs-Anstalt untersuchte vor einiger Zeit eine Reihe von Zeitschriften, Zeitungen ꝛc. und veröffentlichte die Ergebnisse

Digitized by Google

nothwendig, daß vor Ablieferung der Waare die leichte Prüfung mit Phloroglucin unter Beachtung des Nachfolgenden ausgeführt wird, wenn man sicher sein will den eingegangenen Verpflichtungen getreu nachzukommen.

Die zweite der oben erwähnten Einwendungen, daß es sich bei der Angabe über das Vorhandensein von Holzschliff wohl nur um schlecht aufgeschlossene Cellulose handeln könne, muß ebenfalls in ihrem ganzen Umfang zurückgewiesen werden. Bekanntlich rechnet die Versuchsanstalt diejenigen Papiere, welche noch in dem Maße verholzte Fasern enthalten, daß sie mit alkoholischer, salzsaurer Phloroglucinlösung eine intensiv rothe Färbung geben, in die Stoffklasse IV; woher die Färbung rührt, geht aber alsdann aus dem Prüfungszeugniß hervor. Ist Holzschliff als solcher vorhanden, so wird die Aussage demgemäß lauten; würde aber die Holzreaktion beispielsweise von schlecht aufgeschlossener Cellulose herrühren, so würde der Prüfungsbefund etwa lauten: das Papier enthält „schlecht aufgeschlossene Cellulose", die in ihrer Wirkung dem Holzschliff nahezu gleich zu erachten ist. Holzschliff und schlecht aufgeschlossene Cellulose werden von der Versuchsanstalt ganz scharf auseinander gehalten. Die Ausrede, daß der gefundene Holzschliff mit schlecht aufgeschlossener Cellulose verwechselt sein könne, ist daher immer zurückzuweisen. Bei der überaus großen Anzahl von Papieren, die in der Versuchsanstalt auf Holzschliff untersucht worden sind, hat noch niemals schlecht aufgeschlossene Cellulose eine solche Holzreaktion gegeben, daß das Papier deswegen hätte zur Stoffklasse IV gezählt werden müssen; alsdann war stets Holzschliff als solcher die Ursache.

Gehen wir nun zur Beantwortung der Frage über, ob es überhaupt möglich ist, Holzschliff mit irgend welchen anderen im Papier vorkommenden Fasern, insbesondere mit schlecht aufgeschlossener Cellulose, zu verwechseln. Hierzu ist es nöthig, zunächst auf die qualitative Bestimmung des Holzschliffs im Papier kurz einzugehen.[1])

Der Nachweis des Holzschliffs im Papier kann auf zweierlei Weise erbracht werden;

1. durch verschiedene chemische Verbindungen, die mit den im Holze vorkommenden Produkten mehr oder minder intensive Färbungen geben, und
2. mit Hülfe des Mikroskopes auf Grund anatomischer Merkmale.

Von den zur Holzschliffbestimmung geeigneten Reagentien hat sich das Phloroglucin wegen seiner großen Empfindlichkeit und seiner schönen und deutlichen Farbenreaction am meisten Eingang in die betheiligten Kreise verschafft; es mag deshalb für die nachfolgende Betrachtung als Grundlage dienen, da es im vorliegenden Fall genügt, von den vielen vorgeschlagenen Reagentien ein einziges zu betrachten.

---

in den „Mittheilungen" (A. Martens. Druckpapiere der Gegenwart 1887). In dem Prüfungs-Befund für eine dieser Schriften war Strohcellulose angegeben, deren Vorhandensein von dem persönlich in der Versuchs-Anstalt erschienenen Fabrikanten des Papiers entschieden in Abrede gestellt wurde; er überbrachte gleichzeitig eine Probe des Papiers, die von der Lieferung seiner Zeit zurückbehalten war. Die Probe wurde mikroskopisch untersucht und ergab ebenfalls Strohcellulose. Später theilte der Erzeuger des Papiers der Versuchs-Anstalt aus freiem Antriebe mit, daß die Prüfungsbefunde für das in Frage kommende Papier in jeder Beziehung zuträfen und daß in der Fabrik bei der Anfertigung ein Irrthum unterlaufen sei.

[1]) Ausführliche Angaben finden sich im „Leitfaden für Papier-Prüfung" vom Verfasser Seite 61.

Digitized by Google

Wenn man Phloroglucin in Alkohol löst und dieser Lösung concentrirte Salzsäure zusetzt, so erhält man eine gelbliche Flüssigkeit, die bekanntlich, auf holzschliffhaltiges Papier gebracht, eine je nach der Menge des vorhandenen Holzes mehr oder minder starke Rothfärbung erzeugt.

Diese Reaction könnte aber nur dann als eine zuverlässige und einwandfreie bezeichnet werden, wenn außer Holzschliff keine anderen im Papier vorhandenen Substanzen mit Phloroglucin eine Rothfärbung gäben; solche kommen aber vor und zwar sind es

1. gewisse Farbstoffe, die durch Säuren roth gefärbt werden, z. B. Metanylgelb, ein in der Papierfabrikation vielfach gebrauchter Farbstoff, und
2. gewisse Faserstoffe je nach dem Grade ihrer Verarbeitung, z. B. die nicht gebleichten Scheven des Hanfes, ungebleichte Jute — und Adansoniafasern, nicht völlig aufgeschlossene Cellulose 2c.[1])

Der unter 1 genannte Fall kann indessen zu Irrthümern keine Veranlassung geben, weil die Art und Weise des Auftretens der Reaction eine ganz andere ist wie beim Holzschliff. Bringt man Phloroglucin auf holzschliffhaltiges Papier, so entsteht ganz allmählich eine an Tiefe zunehmende Rothfärbung, wobei einzelne dickere Fasern besonders hervortreten und durch ihre dunklere Färbung auffallen. Ist indessen kein Holzschliff, sondern nur Metanylgelb vorhanden, so entsteht der Fleck ziemlich plötzlich und fast mit einem Male in seiner ganzen Dunkelheit; das Papier erscheint ganz gleichmäßig gefärbt und es sind keine einzelnen Fasern durch besonders hervortretende Färbung sichtbar; der Fleck verblaßt in wenigen Minuten und umgiebt sich mit einem violetten Hof, während Holzschlifflecken erst nach längerer Zeit und ganz allmählich verblassen und sich hierbei nicht mit einem Hof umgeben. Sollten trotzdem noch Zweifel auftauchen, so befeuchte man das zu untersuchende Papier mit verdünnter Salzsäure allein; entsteht auch jetzt die Rothfärbung, so ist nur ein Farbstoff vorhanden, entsteht sie nicht, so handelt es sich um Holzschliff.

In den unter 2 genannten Fällen sind indessen Verwechselungen des Holzschliffs mit anderen Fasern nicht ausgeschlossen; ein Papier ohne Holzschliff, das Hanfscheven enthält, die nicht völlig gebleicht sind, zeigt beim Behandeln mit Phloroglucin dasselbe Aussehen wie ein anderes mit geringen Mengen Holzschliff; in beiden Fällen färben sich die in Frage kommenden Theilchen schön roth und heben sich, einander in der äußeren Form sehr ähnelnd, deutlich von dem nicht gefärbten Untergrund des Papiers ab; es wird Niemand wagen können, sich in solchen Fällen auf Grund der Färbung allein für die eine oder andere Ursache zu entscheiden.

Etwas günstiger, aber durchaus auch nicht über jeden Zweifel erhaben, liegen die Verhältnisse, wenn ungebleichte Jute bei der Herstellung des Papiers verwendet worden ist; das Papier wird dann durch Phloroglucin ausgesprochen roth gefärbt; da aber die Fasern der Jute länger und geschmeidiger sind als die des Holzschliffs, so ist das äußere Ansehen des Fleckes in beiden Fällen ein etwas verschiedenes; beim Holzschliff kurze, grade, mehr oder weniger dicke, bei der Jute längere, vielfach geschwungene und in einander gewundene Fasern. In dem Maße wie die Jute nun gebleicht wird,

[1]) Für diejenigen Holzschliffreagentien, die ohne Zusatz von Säure Verwendung finden (Schwefelsaures Anilin 2c.) fällt natürlich die unter 1 erwähnte Möglichkeit fort.

Digitized by Google

schwindet diese Färbung und es kann vorkommen, daß schwach gebleichtes Jutepapier in Verbindung mit Phloroglucin nur einen gleichmäßigen, rosafarbenen Ton annimmt und keine einzelnen Fasern mehr erkennen läßt, während bei stark gebleichten überhaupt keine Reaction mehr auftritt.

Das Verhalten der Andansoniafaser ist dem der Jutefaser sehr ähnlich; jedoch ist dieser Rohstoff für unsere Papier-Industrie zur Zeit noch von sehr untergeordneter Bedeutung.

Schlecht aufgeschlossene Cellulose nun kann auf Grund der Phloroglucinreaktion mit Holzschliff nicht verwechselt werden; wir haben oben gesehen, daß sich beim Holzschliff stets einige dunkel gefärbte Fasern besonders abheben und überhaupt der Fleck so zu sagen „ein faseriges Aussehen" aufweist. Diese Eigenthümlichkeit fällt bei schlecht aufgeschlossener Cellulose fort; die Färbung ist hier eine ziemlich gleichmäßige, mehr ins rosafarbene übergehende; vom rosafarbenen Untergrund heben sich keine einzelnen Fasern besonders ab, es sei denn, daß die Kochung so mangelhaft war, daß die inneren Theilchen des Holzes mit der Kochlauge nicht in dem Maße in Berührung gekommen sind, wie es nöthig ist, um die Holzsubstanz der Hauptsache nach zu lösen. Solche Fälle dürften aber, wenn sie überhaupt vorkommen, zu den größten Seltenheiten gehören und es ist dann wohl gerechtfertigt, kurzer Hand von Holzschliff zu sprechen.

Aus dem soeben Besprochenen geht aber hervor, daß bei Untersuchungen von Papier auf Holzschliff Verwechselungen mit anderen Fasern nicht völlig ausgeschlossen sind, wenn ausschließlich chemische Reagentien verwendet werden; allerdings wird sich die Gefahr für denjenigen wesentlich verringern, der solche Prüfungen häufiger ausführt und sich auf diese Weise eine gewisse Gewandheit in der Beurtheilung der Reaktionen erworben hat. Der Blick schärft sich allmählich und gewinnt an gewissen Erscheinungen einen Anhalt, die sich mit Worten schwer ausdrücken lassen, wie z. B. unbedeutende Abweichungen des Farbtones, der Faserform, der Lagerung der Fasern u. a. m. Völlige Sicherheit aber giebt die Prüfung mittelst des Mikroskopes. Um die mikroskopische Prüfung vorzunehmen, werden Theile des Papiers mit verdünnter Natronlauge gekocht[1]), der Brei auf einem geeigneten Siebe mit Wasser ausgewaschen und dann durch Schütteln mit Granaten gleichmäßig zertheilt. Als Präparationsflüssigkeit dient eine wässerige Jod-Jodkaliumlösung, welche bekanntlich die Eigenschaft besitzt, alle verholzten Zellen gelb zu färben und zwar um so dunkler, je verholzter sie sind; die Färbung allein würde demnach zur Unterscheidung nicht ausreichen, indessen sind die unterscheidenden anatomischen Merkmale für die einzelnen Fasersorten so charakteristisch, daß eine Verwechselung auf alle Fälle ausgeschlossen ist. Es ist hier nicht der Ort, alle charakteristischen Merkmale der in Frage kommenden und oben bereits erwähnten Fasersorten einzeln zu besprechen, hierfür lese man die über mikroskopische Papierprüfung im Besonderen geschriebenen Aufsätze nach; aus ihnen wird sich die Richtigkeit der eben ausgesprochenen Behauptung ergeben. Nur der Holzschliff selbst und die schlecht aufgeschlossene Cellulose mögen bezüglich ihrer Unterschiede an der Hand der Figuren 1 und 2 hier nebeneinander betrachtet werden.

---

[1]) Siehe „Mittheilungen" 1887 Ergänzungsheft III und „Leitfaden für Papier-Prüfung" Seite 41.

Digitized by Google

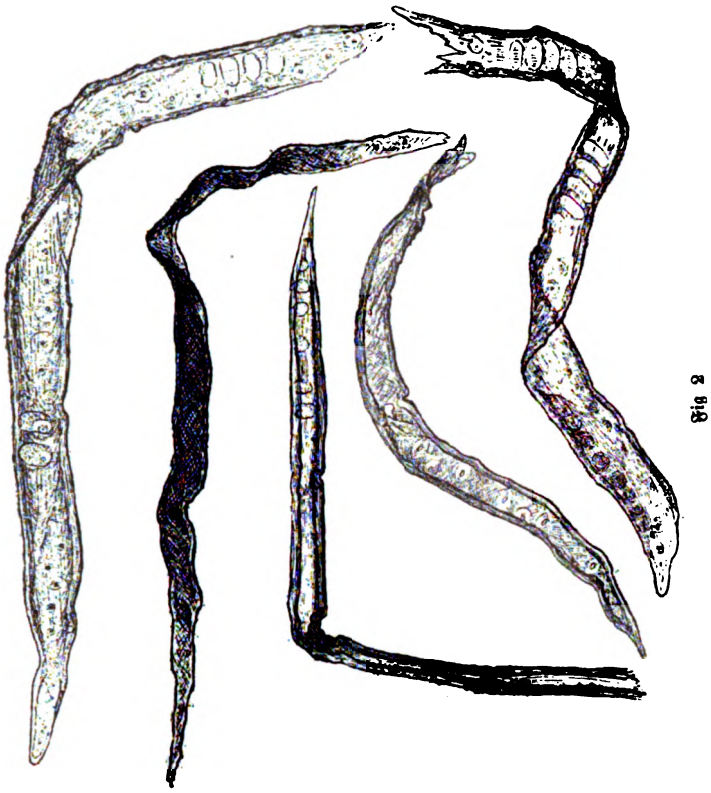


Fig. 2

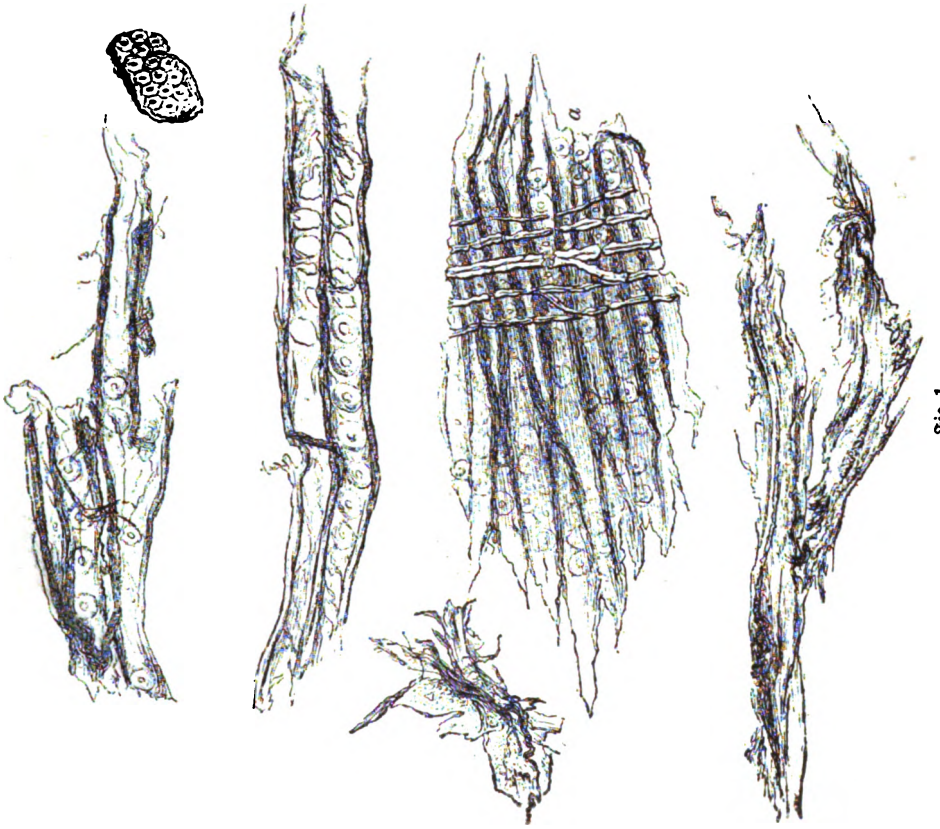


Fig. 1

Digitized by Google

Der Holzschliff erscheint im mikroskopischen Bilde ganz hell citronengelb bis dunkelbraungelb gefärbt; hell in dünnen Schichten, dunkel in dickeren. Einzelne, ganz erhaltene Zellen sind niemals vorhanden; infolge des Schleifprozesses hat man es nur mit Bruchstücken einer Zelle zu thun, oder mit einer Zelle, an welcher noch Bruchstücke der sie umgebenden hängen, oder endlich mit Bündeln von Zellen oder Zellbruchstücken; infolge der mechanischen Zerfaserung des Holzes kommen natürliche Enden der Zelle nicht oder höchstens als große Seltenheit vor. Besonders auffallend sind die behöften Poren, (Tüpfelzellen) die der Zelle ein äußerst charakteristisches Aussehen verleihen und mit größter Deutlichkeit zu erkennen sind. Die Tüpfel erscheinen von der Fläche aus gesehen meist als zwei konzentrische Kreise, wie solche in Fig. 1 deutlich wahrzunehmen ist.

Neben diesen Holzzellen sind jedoch noch andere vorhanden, die sich ebenso vorzüglich zur Erkennung des Holzschliffs eignen, nämlich die Markstrahlzellen, welche im Stamme von der Mitte aus sternförmig nach außen verlaufen und durch ihr gitterförmiges Gefüge sofort auffallen. Fig. 1a zeigt derartige Markstrahlen, wie sie über darunterliegende Holzzellen fortlaufen.

Die schlecht aufgeschlossene Holzcellulose erscheint ganz hell citronengelb, theilweise fast farblos. Man hat es infolge des chemischen Zubereitungsprozesses nur mit einzelnen Zellen beziehungsweise mit deren Bruchstücken zu thun. Zellen, an denen noch Bruchstücke von benachbarten Zellen hängen, oder endlich Bündel von Zellen oder Zellbruchstücken treten niemals auf. Natürliche Enden der Zelle sind in großer Zahl vorhanden. Das Gefüge der Zellen ist in Folge des voraufgegangenen chemischen Lösungsprozesses viel weniger deutlich als beim Holzschliff. Häufig ist man nicht im Stande, die beiden concentrischen Kreise der Poren genau wahrzunehmen; die Tüpfel erscheinen dann mehr wie kreisförmige beziehungsweise elliptisch geformte helle Stellen auf den Zellhäuten. (Fig. 2) Ferner fehlen bei der Cellulose die charakteristischen, gitterförmigen Markstrahlzellen.

Aus diesen Angaben ist wohl zur Genüge ersichtlich, daß zwischen Holzschliff und schlecht aufgeschlossener Cellulose so weitgehende und charakteristische Unterschiede vorhanden sind, daß bei einer gewissenhaften Untersuchung keine Verwechselungen unterlaufen können.

Das ganze vorstehend Besprochene läßt sich kurz wie folgt zusammenfassen:

> Wenn man sich bei der Untersuchung von Papier auf einen Gehalt an Holzschliff ausschließlich chemischer Reagentien bedient und auf Grund der auftretenden Färbung allein urtheilt, so ist es nicht ausgeschlossen, daß man Holzschliff mit anderen verholzten Fasern verwechselt; zieht man indessen, wie es in der Versuchs-Anstalt stets geschieht, das Mikroskop zu Rathe und gründet seinen Schluß auf den anatomischen Bau der Fasern, so ist jeder Irrthum ausgeschlossen.

Digitized by Google

3. Bütten-Aktendeckel.

Von W. Herzberg, Vorsteher der Abtheilung für Papierprüfung.

Prof. A. Martens hat im Ergänzungsheft III der „Mittheilungen" 1887 Seite 36 verschiedene Ursachen angegeben, welche bei Prüfung derselben Papiersorte an verschiedenen Stellen Abweichungen in den gewonnenen Prüfungsergebnissen bezüglich der Reißlänge und Bruchdehnung veranlassen können. Es mag hier kurz wiederholt werden, daß zunächst in der Anwendung nicht geprüfter und sorgfältig justirter Apparate, ferner in deren mehr oder minder genauen Handhabung und endlich in manchen äußeren Umständen, wie verschiedene Wärme und Feuchtigkeit des Versuchsraumes, Quellen für die Abweichungen in den Festigkeitswerthen gesucht werden müssen.

Außer den vorgenannten Ursachen giebt auch die thatsächlich vorhandene Ungleichmäßigkeit des Papiers Veranlassung zu jenen Abweichungen in den Versuchsergebnissen; einige Versuchsreihen hierüber sind in den „Mittheilungen" 1888 Seite 78 veröffentlicht.

Durch das Entgegenkommen einiger Firmen (Dalbker Papierfabrik, Gebr. Ebart) gelangte die Versuchs-Anstalt in den Besitz von Material, dessen Prüfung einen weiteren Beitrag zu dieser Frage abgeben kann; es handelt sich um Bütten-Aktendeckel, die zu Anfang, in der Mitte und zu Ende der Fabrikation entnommen worden sind. Obgleich noch keine Versuche darüber vorliegen, ist doch wohl mit Sicherheit anzunehmen, daß bei der Handpapierfabrikation die Ungleichmäßigkeiten im Papier selbst größer sein werden, als bei seiner Herstellung auf der Maschine; das gleiche gilt für Papier derselben Anfertigung, welches an verschiedenen Stellen entnommen ist. Die untersuchten Aktendeckel gehören sämmtlich der Stoffklasse III an und bestehen wesentlich aus Cellulose.

Die Versuche wurden mit Normalstreifen von 180 mm Länge und 15 mm Breite auf dem Wendlerschen Zugfestigkeitsprüfer ausgeführt und von jeder Richtung 5 Streifen zerrissen. Die Versuchs-Ergebnisse sind nachfolgend zusammengestellt.

(Siehe Tabelle Seite 142.)

Wenn man in Betracht zieht, daß es sich im vorliegenden Falle um Erzeugnisse der Handpapierfabrikation handelt, welche auch Grund der oft ziemlich erheblichen Unterschiede in der Dicke der zur gleichen Fabrikation gehörigen Deckel ist, so kann man die vorhandenen Abweichungen nicht übermäßig groß nennen; bei der Dehnung sind sie erheblicher als bei der Reißlänge, immerhin ist die Festigkeitsklasse nur einmal gewechselt worden (Nr. 21).

Eine Gesetzmäßigkeit ist weder in den Abweichungen der Reißlänge, noch in denen der Bruchdehnung zu erkennen.

Sehr auffällig ist der Aschengehalt bei dem Deckel Nr. 9 gegenüber dem bei Nr. 7 und Nr. 8, um so auffälliger, als eine ähnliche Erscheinung bei keinem der anderen Deckel aufgetreten ist. Der Fabrikant äußerte sich, als ihm über den Ausfall der Prüfung Mittheilung gemacht wurde, in folgender Weise.

Digitized by Google

Laufende Nummer	Bezeichnung		Stoffzusammensetzung	Aschengehalt %	Gewicht des qm in g	Reißlänge in km			Bruchdehnung in %			Abweichung v. Gesammtmittel in %		Zimmerwärme und Feuchtigkeit
						Stärkere Richtung	Querrichtung	Mittel	Stärkere Richtung	Querrichtung	Mittel	Reißlänge	Bruchdehnung	
1	Aktendeckel 315.	Anfang der Fabrikation	Holzcellulose und ganz geringe Mengen Leinenfasern	8,0	280	3,84	2,62	3,23	3,7	4,0	3,9	— 0,92	— 2,5	19,0 C° 48 %
2		Mitte der Fabrikation		7,5	296	3,53	2,61	3,07	3,4	3,9	3,7	— 5,83	— 7,5	19,3 C° 46 %
3		Ende der Fabrikation		7,5	307	4,12	2,82	3,47	4,2	4,6	4,4	+ 6,44	± 0	19,1 C° 48 %
	Gesammtmittel: Reißlänge 3,36 km, Bruchdehnung 4,0 %.													
4	Aktendeckel 306.	Anfang der Fabrikation	Leinenfasern, Holzcellulose und Baumwollfasern	12,0	252	2,98	2,16	2,57	4,1	4,8	4,5	+ 4,47	+18,4	15,2 C° 60 %
5		Mitte der Fabrikation		12,0	332	2,63	2,24	2,44	3,2	3,5	3,4	— 0,81	—10,5	16,1 C° 56 %
6		Ende der Fabrikation		11,5	315	2,47	2,26	2,37	3,1	4,0	3,6	— 3,66	— 5,3	16,2 C° 58 %
	Gesammtmittel: Reißlänge 2,46 km, Bruchdehnung 3,8 %.													
7	Aktendeckel 307.	Anfang der Fabrikation	Holzcellulose und geringe Mengen Holzschliff	15,3	409	2,86	2,24	2,30	2,7	3,5	3,1	— 6,50	— 8,8	14,3 C° 55 %
8		Mitte der Fabrikation		15,0	365	2,38	1,97	2,18	3,1	3,6	3,4	—11,38	± 0	16,7 C° 60 %
9		Ende der Fabrikation		6,8	383	3,04	2,74	2,89	3,6	3,7	3,7	+17,48	+ 8,8	16,2 C° 56 %
	Gesammtmittel: Reißlänge 2,46 km, Bruchdehnung 3,4 %.													
10	Aktendeckel 302.	Anfang der Fabrikation	Holzcellulose und geringe Mengen Holzschliff	3,5	357	3,10	2,65	2,88	2,9	3,1	3,0	— 1,37	—16,7	18,2 C° 60 %
11		Mitte der Fabrikation		2,5	361	3,42	2,47	2,95	3,4	4,1	3,8	+ 1,03	+ 5,6	16,8 C° 60 %
12		Ende der Fabrikation		2,5	301	3,15	2,68	2,92	3,6	4,2	3,9	± 0	+ 8,3	19,0 C° 60 %
	Gesammtmittel: Reißlänge 2,92 km, Bruchdehnung 3,6 %.													
13	Aktendeckel 301 dunkelblau.	Anfang der Fabrikation	Holzcellulose und Baumwollfasern	2,0	354	2,69	2,31	2,50	3,4	3,9	3,7	— 6,72	+ 2,8	22,3 C° 60 %
14		Mitte der Fabrikation		2,5	260	3,17	2,56	2,87	3,2	3,9	3,6	+ 7,09	± 0	24,7 C° 55 %
15		Ende der Fabrikation		2,5	291	3,09	2,25	2,67	3,3	3,6	3,5	— 0,37	— 2,8	21,4 C° 59 %
	Gesammtmittel: Reißlänge 2,68 km, Bruchdehnung 3,6 %.													
16	Aktendeckel 301 hellblau.	Anfang der Fabrikation	Holzcellulose und Baumwollfasern	2,5	464	2,33	2,05	2,19	3,2	3,7	3,5	— 8,37	—10,3	16,5 C° 65 %
17		Mitte der Fabrikation		2,3	460	2,74	2,10	2,42	4,2	4,1	4,2	+ 1,26	+ 7,7	20,3 C° 61 %
18		Ende der Fabrikation		2,0	383	2,91	2,19	2,55	3,9	4,1	4,0	+ 6,69	+ 2,6	21,3 C° 59 %
	Gesammtmittel: Reißlänge 2,39 km, Bruchdehnung 3,9 %.													
19	Aktendeckel 310.	Anfang der Fabrikation	Holzcellulose	9,5	419	2,59	2,37	2,48	3,6	4,0	3,8	—10,47	± 0	16,7 C° 60 %
20		Mitte der Fabrikation		9,3	454	2,84	2,56	2,70	3,0	4,0	3,5	— 2,53	— 7,9	18,5 C° 59 %
21		Ende der Fabrikation		9,5	388	3,41	2,84	3,13	4,0	4,2	4,1	+13,00	+ 7,9	21,4 C° 60 %
	Gesammtmittel: Reißlänge 2,77 km, Bruchdehnung 3,8 %.													

Digitized by Google

„Der betreffende Aktendeckel ist aus Cellulose, Holzstoff und Ausschuß von Druckpapier hergestellt und war pro Holländer von ca. 60 Kilo Papier, Vorschrift, es sollte ein Zusatz von 6 Kilo Chinaclay und 250 Gramm gelben Ocker erfolgen.

Wenn nun ein Aschengehalt von 15% bei der Sorte 307 ermittelt ist, so läßt dies darauf schließen, daß

1) in diesem Fall bei der Büttenarbeit nicht, wie als Regel vorausgesetzt wird, 40—50% Chinaclayzusatz verloren gegangen ist, und

2) daß der Ausschuß, welcher mit vermahlen wurde, stark chinaclayhaltig gewesen sein muß; zudem tritt der mineralische Farbzusatz von ca. ½ Prozent des Papiergewichts hinzu.

Wenn ferner beim Ende der Fabrikation genannter Sorte statt 15% ein Aschengehalt von nur 6,8% ermittelt ist, so kann sich dieses einmal aus der Eigenart der Büttenarbeit, etwa durch zu starke Verdünnung des Stoffes beim Ausarbeiten erklären, wodurch mehr Chinaclay aus dem Stoff gefallen und fortgeschwemmt sein kann; andererseits mag der am Ende der Fabrikation zugetheilte Ausschuß einen weit geringeren Gehalt an Chinaclay enthalten haben, wie auch nicht ausgeschlossen ist, daß ein Versehen des Holländermüllers vorliegt. Ich muß aber besonders noch hervorheben, daß die fragliche Sorte Nr. 307 eine ganz billige und ordinäre Qualität Aktendeckel repräsentiren soll, bei deren Herstellung die größeren oder geringeren Abweichungen in den Stoffverhältnissen und im Aschengehalt keine besondere Rolle spielen, auch kaum zu vermeiden sind. Die Fabrikation der holzfreien und qualitativ besseren Sorten ist bei weitem regelmäßiger und sicherer kontrolirbar, was die Untersuchungsergebnisse beweisen."

4. Ueber die Bestimmung des Flüssigkeitsgrades von Schmieröl.

Vom Vorsteher, Professor A. Martens.

In Dingler's polytechnisches Journal 1890, Heft 1 S. 42 ist von den Herren Geheimen Hofrath Professor Dr. Engler und Alb. Künkler eine vergleichende Besprechung über einen von ihnen konstruirten Apparat zur Bestimmung des Flüssigkeitsgrades von Schmierölen bei gleichbleibenden Wärmegraden und über den von der Versuchsanstalt zu gleichem Zwecke benutzten Apparat veröffentlicht worden. Bei dieser Gelegenheit sind gegen den zuletzt genannten Apparat Bedenken erhoben, welche in hohem Maße beachtenswerth sind, weil sie geeignet erscheinen, Mißtrauen gegen die in der Versuchsanstalt gewonnenen Ergebnisse zu erzeugen.

Obwohl es an sich selbstverständlich ist, daß die Versuchsanstalt den von ihr benutzten Apparat nur in Anwendung genommen hat, nachdem sie sich überzeugte, daß die unterlaufenden Fehlerquellen für die praktische Verwerthung der Versuchsergebnisse ohne Belang sind, so ist es in Folge des von so berufener Seite erhobenen Einwandes doch nothwendig, hier den Nachweis der Zulässigkeit des benutzten Verfahrens ausführlich zu erbringen.

Digitized by Google

Engler-Künkler sagen in ihrer oben genannten Arbeit:

„Es hat somit unser Apparat mit dem Apparate von Martens*) gemeinsam das Prinzip des Luftbades, unterscheidet sich aber wesentlich von demselben einerseits durch die Anordnung zur Heizung des Luftbades, andererseits dadurch, daß bei unserem Apparate das Oel in einem besonderen Gefäße erwärmt und abgemessen und bei der gewünschten Temperatur in das Viscosimeter eingefüllt wird, ohne daß sich dadurch die Temperatur des Luftbades oder des Oeles selbst ändert. Gerade der letzterwähnte Unterschied scheint uns aber ein wesentlicher Vortheil gegenüber dem Martens'schen Apparate zu sein; denn bei diesem erfordert ein Erwärmen des Oeles im Luftbade, auch wenn das Oel angewärmt ist, zweifellos sehr lange Zeit. Nimmt man aber das Erwärmen des zu prüfenden Oeles auf die gewünschte Temperatur außerhalb des Luftbades vor, so wird eine Aenderung der Temperatur sowohl des Luftbades, in Folge des nicht zu umgehenden Hebens der vorderen Glaswand, wie auch des Oeles selbst, während des Einbringens in den Apparat unvermeidlich sein."

„Wir haben bei unserem Apparate absichtlich von der Anordnung eines ungetheilten Luftbades nach Art des Apparates von Martens Abstand genommen, weil zahlreiche Versuche uns lehrten, daß in einem solchen Luftbade, wenn man nicht zu allzu großen Dimensionen greifen will, eine gleichmäßige Temperatur rings um das Viscosimeter nicht zu erreichen ist. Wir befürchten daher, daß in dem Martens'schen Apparate, obwohl derselbe erheblich größer ist als der unsere, die Temperatur, namentlich wenn mittelst der Glaswand regulirt wird, dennoch eine nicht gleichmäßige ist."

Gegen den ersten Theil dieser Einwände habe ich geltend zu machen, daß das in der Versuchsanstalt angewendete Prüfungsverfahren ein durchaus anderes ist, als es von den beiden Autoren bei ihren Einwänden ausdrücklich vorausgesetzt wird. Ueber das Verfahren der Versuchsanstalt sagt Satz 7 der in den „Mittheilungen" 1888, Ergänzungsheft III S. 19, abgedruckten „Vorschriften für die Bestimmung des Flüssigkeitsgrades mittelst des Englerschen Apparates" Folgendes:

„Aus den Ergebnissen der Untersuchung in hohen Wärmegraden ist eine Schaulinie zu entwerfen, aus welcher die Flüssigkeitsgrade für die im Antrage vorgeschriebenen Wärmegrade ermittelt werden. Bei den Versuchen kommt es demnach nur auf eine ungefähre Innehaltung der vorgeschriebenen Wärme an. Die Versuchswärme soll sich aber während des Versuches möglichst wenig ändern."

Aus Vorstehendem ergiebt sich, daß es in der Versuchsanstalt, und zwar lediglich aus praktischen Gründen, zur Vereinfachung des Verfahrens, zur Sicherung einer guten Kontrole über die Versuchsergebnisse und zur Erzielung einer vollkommenen Uebersicht über das Verhalten des Oeles bei allen zwischen + 20 und + 150 C° liegenden Wärmegraden, von vornherein aufgegeben worden ist, für die Versuchsausführung jeweils einen bestimmten Wärmegrad festzuhalten. Es werden vielmehr 8—10 Versuche bei verschiedenen, so zwischen + 20 und 150 C° vertheilten Wärmegraden vorgenommen, daß die Ergebnisse die zu verzeichnende Schaulinie möglichst vollkommen liefern. Hierzu

*) Ich möchte nicht unterlassen darauf aufmerksam zu machen, daß es sich bei dem mir zugeschriebenen Apparate keineswegs um eine Neukonstruktion, sondern nur um die Zusammenstellung eines bekannten Luftbades mit dem bekannten Englerschen Apparat älterer Konstruktion handelt.

Digitized by Google

ist es nicht nothwendig, einen bestimmten Wärmegrad inne zu halten, wenn nur während des Versuches sich die Oelwärme möglichst wenig ändert. Man ist also bei Anwendung dieses Verfahrens wohl berechtigt, sich zu Gunsten der sicheren praktischen Ausführung eines einfachen Apparates zu bedienen, wenn er nur die letztgenannte Bedingung zu erfüllen gestattet. Der Umstand etwa, daß mit dem älteren Doppelwandapparat von Engler die Oelwärme während der Versuchsdauer nicht gleichbleibend erhalten werden könnte, ist nicht die Veranlassung zur Anwendung des Luftbades gewesen, sondern in erster Reihe die Rücksichtnahme auf eine bequemere Versuchsausführung und nebenbei auf die Verringerung einer Unsicherheit, die sich daraus ergiebt, daß die ausgelaufene Oelmenge in dem kälteren Meßgefäß bei schwankenden und erheblich von der jeweiligen Versuchswärme abweichenden Graden gemessen wurde. Es hat sich bei Benutzung des älteren Englerschen Doppelwandapparates unter den oben genannten Umständen die Versuchswärme fast immer mit hinreichender Sicherheit während eines Versuches gleichbleibend erhalten lassen. Dagegen war die Reinigung des Apparates etwas umständlich. Der einfache Englersche Apparat ist in dieser Beziehung leichter zu handhaben.

Die von den beiden Autoren vorausgesetzte Absicht der Erwärmung auf einen bestimmten Wärmegrad liegt also nicht vor, und ein solches Vorgehen ist zur Erzielung zuverlässiger Werthe auch nicht nothwendig, wenn man über mehrere Bestimmungen in der Nähe des zu suchenden Punktes der Schaulinie verfügt.

Der zweite Einwand läßt sich leicht beseitigen, ohne dem von der Versuchsanstalt benutzten Apparate etwas von seiner Einfachheit zu nehmen. Die Verfasser tadeln nämlich die Nothwendigkeit, beim Eingießen des Oeles die vordere Glaswand öffnen zu müssen. Wer das vermeiden will, kann leicht dem von ihnen gegebenen Beispiele folgen und durch eine neu anzubringende oder durch die vorhandene Thermometeröffnung das vorgewärmte Oel eingießen. Diese sicher praktische Neuerung wird selbstverständlich auch von der Versuchsanstalt eingeführt werden. Von großer Bedeutung hat sich aber der gerügte Uebelstand nicht erwiesen, denn nachdem das vor dem Eingießen selbstverständlich vorgewärmte Oel in den Apparat gebracht und die Glaswand geschlossen ist, kann man die Luftwärme ziemlich schnell angenähert auf die Oelwärme bringen und auf diesem Punkte durch Regelung der seitlichen Flammen (vergl. Fig. 1) E, wenn nöthig auch durch zeitweiliges Anheben der Glaswand erhalten. Es kommt hierbei ja nur darauf an, den Wärmeabfall oder Anstieg im Oel so zu gestalten, daß die etwa eintretenden Veränderungen während der Zeitdauer des Versuches so klein sind, daß das Ergebniß innerhalb der praktisch zulässigen Fehlergrenzen sicher ist. Die Zeitdauer des Versuches nimmt aber mit wachsender Versuchswärme sehr bedeutend ab und es genügt vollkommen, wenn während mehrerer Minuten das in der Luft befindliche Thermometer in den Grenzen von ± 5 C° erhalten werden kann, was mit Leichtigkeit zu erreichen ist. Unter diesen Umständen gehen die Wärmeänderungen im Oele schon sehr langsam vor sich. Diese

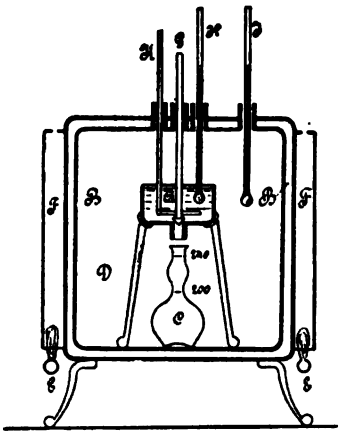


Fig. 1.

Digitized by Google

Aenderungen haben um so weniger Einfluß auf das Ergebniß, je höher die Versuchswärme ist, was sich aus der Form der Schaulinie, durch welche die Flüssigkeitsgrade eines Oeles für alle Wärmegrade zwischen + 20 und + 150 C° gegeben sind, ohne weiteres einsehen läßt (Fig. 2). Während bei niedrigen Wärmegraden ein Grad Veränderung im Oel einen merkbaren Unterschied im Flüssigkeitsgrade veranlaßt, wird dieser bei höheren Wärmegraden sehr klein. Nur bei den Cylinderölen, namentlich bei den ganz dicken, ist die Veränderung der Oelwärme von etwas größerem Einfluß. Der durch Wärmeänderungen entstehende Fehler kann aber zum größten Theil unschädlich gemacht werden, wenn man die mittlere Wärme des Oeles während des Versuches in Rechnung stellt, denn für die während des Versuches etwa eintretenden geringen Wärmeschwankungen kann man den Flüssigkeitsgrad proportional den Wärmegraden annehmen.

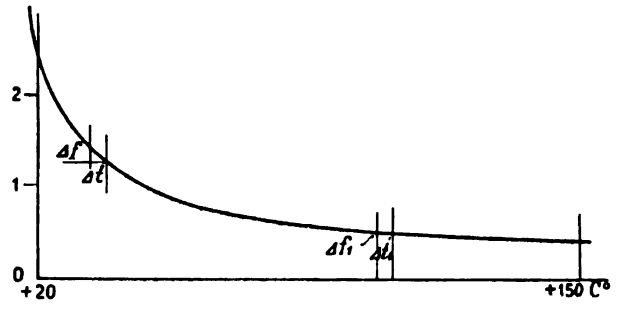


Fig. 2.

Es bleibt noch der Fehler, welcher dadurch entsteht, daß das Oel in dem auffangenden Meßgefäß nicht die gleiche Wärme hat, wie in dem Auslaufgefäß. Die Verfasser berechnen den Einfluß dieses Fehlers für das von ihnen geprüfte Cylinderöl bei 150 C° und den Wärmeunterschied beider Gefäße von 12 C° auf etwa 1 %. Diese Rechnung scheint mir nicht ganz zutreffend zu sein.

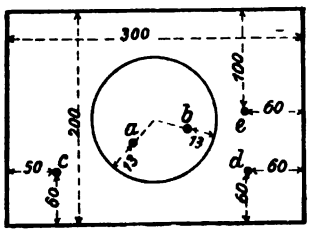


Fig. 3.

Wenn auch die Wärme im unteren Theil des Luftbades um 12 C° und mehr von der Wärme im oberen Theil abweicht, so ist doch die Auslaufzeit in höheren Wärmegraden so kurz, daß das Oel gar nicht die Zeit hat, einen wesentlich anderen Wärmegrad anzunehmen, als es im Auslaufgefäß hatte, vorausgesetzt natürlich, daß der ausfließende Strahl und das Auffangegefäß sich nicht in wesentlich kälteren Luftschichten befinden. Es ist also kaum zu erwarten, daß die Ergebnisse der beiden hier besprochenen Apparate wesentlich von einander abweichen werden, zumal auch bei dem Apparate der Versuchsanstalt die Luft am Boden etwas wärmer ist, als in der Nähe des Auslaufgefäßes. Indessen Zahlen beweisen, und so wird man die Gelegenheit suchen, die beiden Apparate durch Prüfung der gleichen Oele mit einander zu vergleichen.

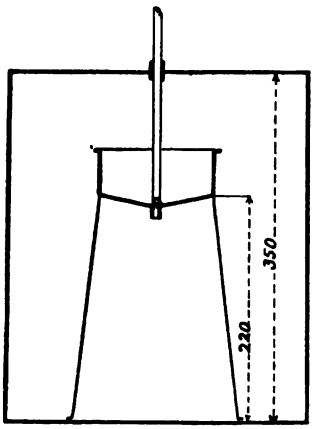


Fig. 4.

Mit Bezug auf die Schlußsätze der beiden Autoren werden hier noch die Ergebnisse von Versuchen mitgetheilt, welche angestellt wurden, um einen Ueberblick über die Leistungsfähigkeit des von der Versuchsanstalt benutzten Apparates zu liefern.

Für diese Versuche wurde der Apparat mit fünf Thermometern versehen, welche nach Fig. 3 in dem Raum des Luftbades vertheilt waren. Die Thermometer a und b

Digitized by Google

tauchten in das Oelbad ein und standen um 13 mm vom Rande des Gefäßes entfernt. Die Abstände von c, d und e von den inneren Seitenwänden des Luftbades ergeben sich aus der Fig. 3. Ueber die sonst innegehaltenen Versuchsbedingungen vergl. Tab. 1 und 2; Fig. 4 giebt die Höhenmaße des Apparates.

Tabelle 1. Erzeugung eines gleichmäßigen Wärmegrades mittelst des Luftbades für die Flüssigkeitsgradbestimmung.

Versuchsreihe 1. (Die Thermometerangaben sind corrigirt.)

Zeit Uhr Min.	Unterschiede in Minuten	Stellung des Gashahnes	Brenndauer in Minuten	Wärmegrade im Oel a	b	Mittel von a und b	Abweichung gegen das vorhergehende Mittel	in der Luft c	d	e	Mittel von c, d und e	Abweichung gegen das vorhergehende Mittel	Unterschied zwischen mittlerer Oel- und Luftwärme
1 23		zu		41,0	41,2	41,1	—	37,5	36,0	37,7	37,4	—	3,7
25		auf	2	41,0	41,2	41,1	—	37,5	36,0	37,7	37,4	0,0	3,7
27		zu		40,8	40,8	40,8	0,3	39,8	40,3	40,3	40,1	—2,7	0,7
32		zu		40,8	40,8	40,8	0,0	41,2	40,5	40,8	40,8	—0,7	0,0
36		auf	1	40,8	40,8	40,8	0,0	39,0	38,5	39,0	38,8	2,0	2,0
37		zu		40,6	40,8	40,7	0,1	39,0	38,5	39,0	38,8	0,0	1,9
41		zu		40,3	40,3	40,3	0,4	39,0	38,5	38,5	38,7	0,1	1,6
42		auf	2	40,3	40,3	40,3	0,0	39,0	38,5	38,5	38,7	0,0	1,6
44		zu		40,0	40,2	40,1	0,2	40,8	40,5	40,5	40,6	—1,9	—0,5
46	22	zu		40,1	40,2	40,2	—0,1	42,7	42,0	42,5	42,4	—1,8	—2,2
52		zu		40,3	40,3	40,3	—0,1	40,6	39,5	40,5	40,2	2,2	0,1
53		auf	2	40,3	40,3	40,3	0,0	40,6	39,5	40,5	40,2	0,0	0,1
55		zu		40,2	40,2	40,2	0,1	42,2	42,4	42,4	42,3	—2,1	—2,1
58		zu		40,6	40,8	40,7	—0,5	45,0	44,5	44,6	44,7	—2,4	—4,0
2 3		zu		40,9	40 9	40,9	—0,2	41,2	40,3	41,0	40,8	3,9	0,1
4		auf	1	40,9	40,9	40,9	0,0	41,2	40,3	41,0	40,8	0,0	0,1
5		zu		40,9	40,9	40,9	0,0	41,3	41,0	41,3	41,2	— 0,4	—0,2
11		zu		40,9	40,9	40,9	0,0	41,1	40,4	40,7	40,7	0,5	0,2
13		auf	1	40,9	40,9	40,9	0,0	39,5	38,5	39,5	39,2	1,5	1,7
14		zu		40,9	40,9	40,9	0,0	40,0	39,5	40,0	39,8	0,6	1,1
17		auf	1	40,8	40,8	40,8	0,1	40,6	40,0	40,3	40,3	—0,5	0,5
18	30	zu		40,8	40,8	40,8	0,0	40,6	40,0	40,3	40,3	0,0	0.5
24		auf	1	40,8	40,8	40,8	0,0	41,0	40,5	40,5	40,7	—0,4	0,3
25		zu		40,8	40,8	40,8	0,0	41,0	40,5	40,5	40,7	0,0	0,1
27		auf	1,5	40,8	40,8	40,8	0,0	41,0	40,5	40,7	40,7	0,0	0,1
28,5		zu		40,8	40,8	40,8	0,0	41,0	40,5	40,7	40,7	0,0	0,1
29,5		zu		40,8	40,8	40,8	0,0	44,0	43,5	43,5	43,7	—3,0	—2,9
32		zu		40,9	40,9	40,9	—0,1	46,0	44,5	45,5	45,3	—1,6	—4,4
35		zu		41,1	41,1	41,1	—0,2	42,5	40,5	42,3	41,8	+2,5	—0,7
39		zu		41,0	41,0	41,0	0,1	40,9	39,5	40,5	40,3	1,5	0,7
45		zu		40,9	40,9	40,9	0,1	38,0	37,0	37,5	37,5	2,8	3,4
50		zu		40,1	39,2	39,7	1,2	32,2	31,5	32,3	32,0	5,5	7,7

(Versuchsreihe 2 und 3 siehe Seite 148.)

Aus Tabelle 1 und den hiernach entworfenen Schaulinien Fig. 5 bis 7 erkennt man ohne Weiteres, daß die oben ausgesprochenen Forderungen von dem Apparate in vollkommen ausreichendem Maße erfüllt werden, daß also kaum ein Grund vorliegen dürfte, von dieser einfachen Konstruktion abzugehen. Man kann mit hinreichender Sicherheit und ausreichend lange die Wärme des Oeles auf dem gleichen Grade erhalten, wenn man die Flammen so regelt, daß die Angabe des in der Luft befindlichen Thermometers

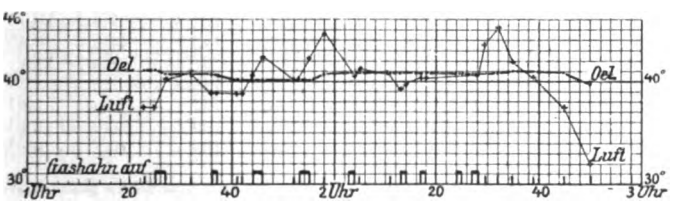


Fig. 5. Versuch 1.

Digitized by Google

Versuchsreihe 2.

Zeit Uhr	Min.	Unterschiede in Min.	Stellung des Flammenkranzes	Wärmegrade im Oel a	b	Mittel von a und b	Abweichung gegen das vorhergehende Mittel	in der Luft c	d	e	Mittel von c, d, e	Abweichung gegen das vorhergehende Mittel	Unterschied zwischen mittlerer Oel- und Luftwärme
9	53		hoch	19,5	19,4	—	—	20,8	20,2	20,2	—	—	—[1]
10	11		hoch	72,0	72,0	—	—	82,0	82,0	81,7	—	—	—
„	33		hoch	96,5	96,5	—	—	100,5	100,4	101,0	—	—	—
„	37		hoch	98,0	98,0	—	—	102	101,8	102,1	—	—	—[2]
10	39		hoch	100,8	100,8	100,8	—	85,5	85,0	85,2	85,2	—	15,6
„	45	10	hoch	101,0	100,8	100,9	−0,1	102,0	101,0	101,3	101,4	−16,2	— 0,5[3]
„	49		hoch	100,5	100,5	100,5	0,4	96,0	95,5	95,7	95,7	5,7	4,8
11	5		15mm gef.	98,5	98,5	98,5	—	98,0	97,3	97,7	97,7	— 2,0	0,8
„	10	12	hoch	98,0	98,0	98,0	0,5	97,0	96,5	96,8	96,8	0,9	1,2
„	17		15mm gef.	97,8	97,8	97,8	0,2	99,0	98,5	98,9	98,8	— 2,0	— 1,0
„	22		hoch	97,6	97,6	97,6	0,2	97,0	96,5	96,9	96,8	2,0	0,8
„	26	9	5mm gef.	97,2	97,2	97,2	0,4	97,5	97,0	97,4	97,3	— 0,5	— 0,1
11	33		hoch	97,0	98,7	97,0	—	97,0	96,5	96,7	96,7	—	0,3
„	43		15mm gef.	96,8	96,8	96,8	0,2	98,0	97,5	97,7	97,7	1,0	— 0,9
„	46		hoch	96,8	96,8	96,8	0,0	98,8	98,5	98,7	98,7	1,0	— 1,9
„	49		hoch	96,8	96,8	96,8	0,0	97,0	96,5	96,9	96,8	— 1,1	0,0
„	53	32	hoch	96,8	96,6	96,7	0,1	98,5	98,0	98,3	98,3	1,5	— 1,6
„	56		15mm gef.	97,0	96,8	96,9	0,2	100,6	100,0	100,2	100,3	2,0	— 3,4
„	58		15mm gef.	96,8	96,8	96,8	0,1	97,0	97,0	96,7	96,9	— 3,4	— 0,1
12	0		hoch	96,8	96,8	96,8	0,0	95,0	94,5	94,7	94,7	— 2,2	2,1
„	5		gesenkt	96,8	96,8	96,8	0,0	99,0	98,5	98,7	98,7	4,0	— 1,9
12	10		gesenkt	96,3	96,1	96,2	—	98,0	97,5	97,7	97,7	—	— 1,5
„	13		gesenkt	96,3	96,2	96,2	0,0	97,0	96,5	96,7	96,7	1,0	— 0,5[4]
„	14,25		gesenkt	96,3	96,2	96,2	0,0	97,0	96,5	96,7	96,7	0,0	— 0,5
„	16		gesenkt	94,5	94,4	94,4	2,0	94,5	94,0	94,2	94,2	2,5	0,2

Versuchsreihe 3.

12	0			147,7	147,5	147,6	—	157,0	149,6[6]	156,2	154,3	—	— 6,7
„	10			146,5	146,3	146,4	1,2	150,0	148,3[7]	149,2	149,2	5,1	— 2,8
„	15			145,9	145,7	145,8	0,8	152,0	146,6	151,2	149,9	— 0,7	— 4,1
„	20			144,9	144,7	144,8	0,6	153,0	146,8	153,2	151,0	— 1,1	— 6,2
12	50			145,9	145,7	145,8	+1,0	155,0	151,6[8]	156,2	154,3	— 3,3	— 8,5
1	0			145,7	145,5	145,6	0,2	153,0	156,3	157,2	155,5	— 1,2	— 9,9
„	10	60		145,5	145,3	145,4	0,2	151,0	151,6	156,2	152,9	2,6	— 7,5
„	23			145,7	145,5	145,6	−0,2	153,2	153,3	157,7	154,7	— 1,8	— 9,1
„	33			145,7	145,7	145,7	−0,1	153,0	153,3	157,2	154,5	+ 0,2	— 8,8
„	50			145,7	145,5	145,6	0,1	152,5	149,0[9]	155,7	152,4	+ 2,1	— 6,8
2	0			148,7	148,7	148,7	−3,1	171,0	164,6	160,0	—	—	—[10]
„	0			149,2	149,2	149,2	−0,5	160,0	151,6	159,2	156,9	—	— 7,7
„	0			149,2	149,2	149,2	0,0	153,0	147,6	153,2	151,3	5,6	— 2,1
„	4			149,2	149,2	149,2	0,0	161,0	158,6	164,0	161,2	— 9,9	—12,0[11]
„	7			150,2	150,0	150,1	−0,9	150,0	138,6	146,2	144,9	16,3	5,2[12]
„	10			147,7	147,7	147,7	2,4	138,0	134,6	137,2	136,6	8,3	11,1
„	15			147,2	147,0	147,1	+0,6	148,0	141,1	147,2	145,4	— 8,8	1,7[13]
„	20			145,5	145,5	145,5	1,6	147,0	140,1	146,2	144,4	1,0	1,1[14]
„	30			147,7	147,7	147,7	−0,2	170,0	158,1	165,0	164,4	20,0	—16,7[15]
„	35			147,7	147,7	147,7	0,0	160,0	148,1	154,2	154,1	10,3	— 6,4[16]

[1]) Die Skala ist bei allen Thermometern im Luftbad. Entfernung der Thermometerkugel vom Boden des Luftbades bei c, d und e = 165 mm. [2]) Das Oel von c 104 C° eingegossen. [3]) 4 Minuten das Gas aus. [4]) Das Oel fließt in den Engler-Kolben ein; Versuchsdauer 85'. [5]) Die Skala ist bei allen Thermometern bis 140 C° im Luftbad, bezw. im Kork; Entfernung der Quecksilberkugeln vom Boden bei c = 180 mm, bei d = 240 mm, bei e = 160 mm. [6]) Therm. d wurde mit c und e in gleiche Höhe gebracht. [7]) Therm. d wurde nach oben verschoben (bis 140 C°). [8]) Therm. d wurde mit c und d in gleiche Höhe gebracht. [9]) Therm. d wurde nach oben verschoben (bis 140 C°). [10]) Scheibe hoch 1/2 Minute. Ein Dreibrenner statt des Einbrenners zum Heizen. [11]) Gashahn zu. [12]) Gashahn auf. [13]) Brenner für 2 Minuten ausgedreht; dann kleiner geschraubt. [14]) Gashahn wieder hoch geschraubt. [15]) Gashahn zu. [16]) Ende des Versuchs wegen Durchschlagens der Brenner.

Digitized by Google

Versuche über den Einfluß der Kolbenwärme bei der Flüssigkeitsgradbestimmung.

Tabelle 9. A. Im Luftbad:

Zeit	Wärmegrade der Thermometer C°						Bemerkungen.
	Oel		Luft			Kolben	
	a	b	c	d	e	f	
	Versuchsreihe 1.						
12 Uhr 10 Min.	120,7	120,7	125,0	127,6	119,2	135,6	Die Entfernung der Thermometergefäße vom Boden beträgt bei allen 3 Versuchsreihen c = 200 mm, bei d = 260 mm, bei e = 180 mm.
12 „ 12 „	120,7	120,7	125,0	127,6	119,2	140,6	
12 „ 14 „	120,7	120,7	125,0	127,6	119,2	145,0	
12 „ 20*) „	119,7	119,7	118,0	115,6	117,2	128,6	Eintauchtiefe der Thermometer: a bis 110°, b bis 120°, c, d und e bis 140° im Luftbad.
12 „ 22 „	119,2	119,2	118,0	115,6	117,2	120,1	
Strahl fließt frei ins Gefäß.	**Versuchsreihe 2.**						Wärmegrade im Kolben nach n sec: 10" 165 C° / 40" 154 C°; 20" 161 C° / 50" 152 C°; 30" 156 C° / 60" 152 C°
Beginn des Fließens	149,7	148,7	167,0	158,6	152,2	170,0	
Ende des Versuchs nach 60"	149,7	148,7	155,0	151,6	153,2	152,0	
Strahl berührt Thermometer VI.	**Versuchsreihe 3.**						Wärmegrade im Kolben nach n sec: 20" 155 C° / 40" 153 C°; 30" 154 C° / 60" 152 C°
Beginn des Fließens	149,7	148,7	160,0	156,6	—	180,0	
Ende des Versuchs nach 60"	149,7	148,7	153,0	151,6	148,2	152,0	

*) Beginn des Fließens: (Thermom. VI sinkt von 12 h 18' bis 12 h 20' um 9 C°.) Ausflußzeit c. 79". Thermom. VI sinkt sofort auf 120,6 C° und bleibt hier bis der Englersche Kolben gefüllt bis zur Marke ist, konstant.

B. Im Englerschen Apparat mit Oelbad:

Versuch Nr.	Zeit	Wärmegrade im Versuchsöl I	Wärmegrade im Leinölbade II	Wärmegrade im Kolben III	Unterschied der Wärme im Viscosimeter und Kolben	Bemerkungen.
1.	Beginn des Fließens	150,2	153,7	26,0		
	Der Kolben gefüllt	149,2	152,7	142,6	8,1	
	c. 72" Ausflußzeit					
2.	Beginn des Fließens	138,2	143,7	30,0		*) Wärme war 20" nach Beginn des Fließens = 125,6 C°.
	Der Kolben gefüllt	135,2	138,7	118,6*)	19,6	
	c. 76" Ausflußzeit					
3.	Beginn des Fließens	133,2	138,7	28,0		
	Der Kolben gefüllt	131,2	134,7	127,6	5,6	
	c. 76" Ausflußzeit					
4.	Beginn des Fließens	136,2	141,7	23,0		*) Wärme war 40" nach Beginn des Fließens = 125,4 C°.
	Der Kolben gefüllt	133,5	143,4	120,6*)	15,6	
	c. 70" Ausflußzeit					
5.	Beginn des Fließens	149,2	156,7	26,0		
	Der Kolben gefüllt	146,7	151,2	142,6	6,6	
	c. 60" Ausflußzeit					
6.	Beginn des Fließens	133,2	138,7	26,0		
	Der Kolben gefüllt	129,2	133,7	116,4	16,8	
	c. 60" Ausflußzeit					
7.	Beginn des Fließens	132,5	136,2	<100,0		*) Neues Thermometer: Das Oel floß frei in das Gefäß, jedoch umspülte es die ersten 6–7" das Thermometer. — Die Wärmegrade im Kolben waren nach: 25" = 111 C°; 40" = 117 C°; 65" = 121 C°.
	Der Kolben gefüllt	127,5	132,2	121,0*)	11,5	
	c. 65" Ausflußzeit					
8.	Beginn des Fließens	132,5	136,2	<100,0		*) Neues Thermometer: Das Oel floß am Thermometer entlang. — Die Wärmegrade im Kolben waren nach: 25" = 125 C°; 35" = 126 C°; 40" = 126 C°; 65" = 125 C°; 120" = 124 C°; 180" = 120 C°.
	Der Kolben gefüllt	132,5	137,0	125,0*)	7,5	
	c. 65" Ausflußzeit					
9.	Beginn des Fließens	132,5	137,2	<100,0		*) Neues Thermometer: Das Oel floß an der Wand des Kolbens entlang. — Wärmegrade im Kolben ließen sich nicht beobachten.
	Der Kolben gefüllt	128,5	133,2	119,0*)	13,5	
	c. 65" Ausflußzeit					

Digitized by Google

sich möglichst wenig ändert. Zugleich ist erwiesen, daß selbst ziemlich starke absichtlich herbeigeführte Schwankungen der Luftwärme sich so langsam auf das Oel übertragen, daß praktisch der von den beiden Autoren erhobene Einwand sich nicht wohl wird aufrecht erhalten lassen.

Aus den voraufgehenden kleinen Tabellen 2 A und B ersieht man ferner, wie gering der Fehler wegen des Wärmeunterschiedes im Auslauf- und Meßgefäß bei Anwendung des Luftbades, sowohl bei dem Apparate der Versuchsanstalt als ohne Zweifel auch bei dem Engler-Künklerschen Apparate ist. Bei den Versuchen war in den Meßkolben ein Thermometer eingestellt, welches bei Beginn des Ausfließens um 15 bis 30 ° höher

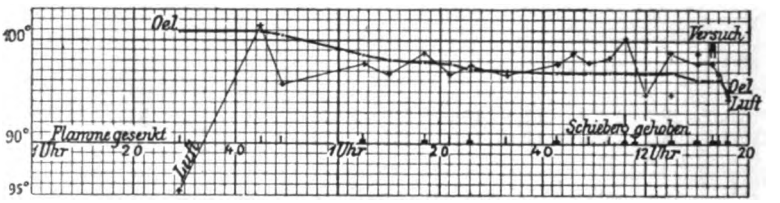


Fig. 6. Versuch 2.

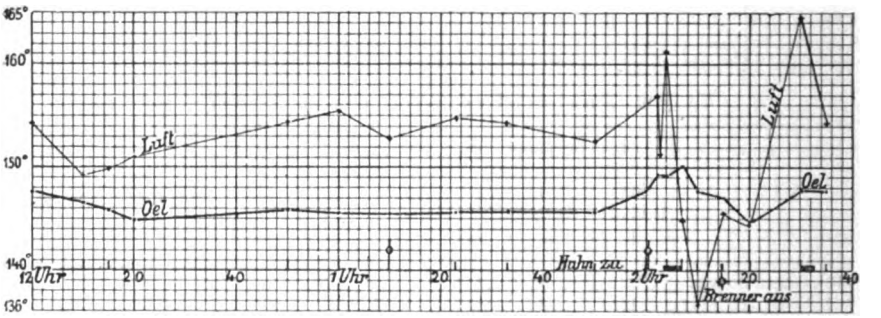


Fig. 7. Versuch 8.

zeigte als die Thermometer im Oel. Aber sofort mit Beginn des Ausfließens sank es und blieb in Versuchsreihe 1 (Tab. 2 A) auf 120,6 C ° stehen, während die Oelwärme im Auslaufgefäß nahezu 119,7 betragen haben wird, da die Angabe 119,2 ° abgelesen wurde, als die Thermometergefäße schon vom Oel entblößt waren. In Versuchsreihe 2 und 3 finden sich die gleichen Verhältnisse.

Wiederholt man den gleichen Versuch mit dem älteren Doppelwandapparat von Engler in freier Luft, so wird der Unterschied zwischen der Oelwärme im Auslauf- und Meßgefäß etwas beträchtlicher (vergl. Tab. 2 B Nr. 1—6), aber auch dann wird immer noch kein erheblicher Betrag erreicht. Denn eine überschlägliche Rechnung ergiebt leicht, daß selbst bei Zugrundelegung eines Unterschiedes von 20 C° der Fehler kaum 2 % betragen wird, der praktisch gar nicht in Betracht kommen kann, da ja der Flüssigkeitsgrad bei 120 ° bereits zwischen den Werthen 0,09 und 0,20 zu schwanken pflegt, in den meisten Fällen wird er nahe an dieser unteren Grenze liegen. Der Fehler würde also erst in der dritten Dezimale erscheinen; man giebt aber nur die zweite an, und auch diese dürfte aus anderen Ursachen bereits nicht ganz fehlerfrei sein.

Die großen Schwankungen in den Ergebnissen von Tab. 2 B Nr. 1 - 6 gaben Veranlassung, den Ursachen näher nachzuforschen. Zu dem Zwecke wurden in dem Engler-

Digitized by Google

schen Auffangekolben das Thermometer in verschiedene Stellungen gebracht und der ausfließende Oelstrahl so geleitet, daß er einmal das Thermometer und die Gefäßwand nicht traf, dann das Thermometer traf und an ihm entlang floß und endlich die Gefäßwand traf und an dieser entlang floß. Aus den Ergebnissen Tab. 2 B Nr. 7—9 ersieht man ohne Weiteres den Einfluß dieser Versuchsanordnungen, wodurch die großen Unterschiede in den Ablesungen von Versuch Nr. 1 bis 6 ihre Erklärung finden.

Kurz und gut, es dürfte aus dem Voraufgeführten hervorgehen, daß kein Grund vorliegt, für die praktischen Zwecke der Materialprüfung von der in der Versuchsanstalt benutzten einfachen Konstruktion des Apparates zur Flüssigkeitsgradbestimmung abzugehen. Für exakte wissenschaftliche Versuche wird man von der Benutzung des Englerschen und ähnlicher Apparate schon aus dem Grunde Abstand nehmen müssen, weil es Vorrichtungen giebt, mit welchen man die in Frage stehenden Eigenschaften der zu untersuchenden Körper auf das absolute Maßsystem zurückführen kann.

---

5. Eine vereinfachte Vorrichtung zur maßanalytischen Bestimmung des Säuregehaltes in Oelen.

Von Dr. Holde, Vorsteher der Abtheilung für Schmierölprüfung.

Zur bequemen Ausführung der maßanalytischen Säurebestimmung in Schmierölen kann man sich unter Benutzung des in der Versuchsanstalt gebräuchlichen Verfahrens [1]) der folgenden Anordnung bedienen, deren Zuverlässigkeit durch die am Schluß angegebene Versuchsreihe erprobt wurde:

a) Versuchsausführung bei hellfarbigen Oelen, das heißt solchen, in deren ätherischer Lösung die Farbenreaction des Phenolphtaleïns noch zu beobachten ist.

Der in den zweimal durchbohrten Korken A, Fig. 1 eingefügte, bis zur Marke a 10 ccm fassende Scheidetrichter B wird auf den Erlenmeyerkolben C (von ungefähr 300 ccm Inhalt) gesetzt und bei horizontaler Stellung des Hahnes mit dem zu prüfenden Oel bis zur Marke c gefüllt. Alsdann wird der Hahn geöffnet und nach dem Abfließen des größten Theiles des Oeles der Rest des letzteren mit einer phenolphtaleïnhaltigen neutralisirten Mischung von 8 Theil Aether und 2 Theilen absol. Alkohol in den Kolben gespült, bis dieser ungefähr bis zur Marke c mit der ätherischen Oellösung gefüllt ist. Hierauf wird nach Entfernung des Korkens nebst Trichter aus der Bürette D alkoholische Natronlauge, von welcher 1 ccm 0,005 g SO_3 entspricht, bis zur bleibenden Rothfärbung hinzugefügt.

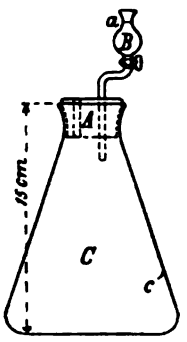
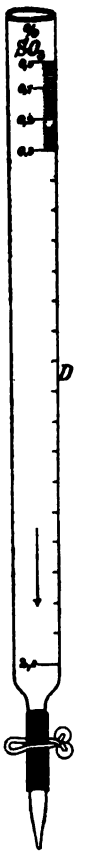


Fig. 1.



Die Theilung an der Bürette ist derartig eingerichtet, daß sie die directe Ablesung der Prozentgehalte des Oeles an freier Säure, berechnet als Schwefelsäureanhydrid, gestattet und beruht auf folgender Rechnung:

[1]) Mittheilungen 1889. S. 116.

Digitized by Google

Beträgt die zur Neutralisation der angewandten 10 ccm Oel erforderliche Menge Natronlauge x ccm bei einem Säuregehalt des Oeles von 1,0 %, so muß $\frac{10 \cdot x \cdot 0{,}005}{0{,}914} = 1$ sein, wenn 0,005 die 1 ccm Natronlauge entsprechende Menge Schwefelsäureanhydrid ist und 0,914[1]) als durchschnittliches specifisches Gewicht der Oele angenommen wird. Hiernach berechnet sich x = 18,3 ccm. Diesen Inhalt muß der 1 % Säuregehalt entsprechende Raum haben; letzterer ist nun weiterhin in gleiche Theile eingetheilt, welche $^1/_{10}$, $^1/_{100}$ und $^5/_{1000}$ Prozenten entsprechen. Die gesammte Theilung der Bürette reicht bis zu 2 %.

b) Versuchsausführung bei dunklen Oelen, d. h. denjenigen, in deren ätherisch-alkoholischer Lösung die Farbenreaction des Phenolphtaleïns nicht mehr zu beobachten ist.

In einen mit gut eingeschliffenem Glasstopfen versehenen Glascylinder E Fig. 3 von 20 cm Höhe und 2,5 cm Weite werden bis zur unteren Marke 20 ccm Oel und bis zur oberen Marke 50 ccm absol. Alkohol eingefüllt. Dann werden beide Flüssigkeiten tüchtig durchgeschüttelt, nach der durch ruhiges Stehenlassen erfolgten Trennung der Alkohol- und Oelschicht von ersterer 25 ccm in den Erlenmeyerkolben gegossen und nach Zusatz von etwa 20 ccm der phenolphtaleïnhaltigen Alkohol-Aethermischung wie oben titriert. Beträgt der abgelesene Säuregehalt mehr als 0,03 %, so muß der Rest des im Schüttelcylinder befindlichen Alkohols abgegossen und eine wiederholte Ausschüttelung mit 50 ccm absol. Alkohol vorgenommen werden. Der bei der letzten Titrierung abgelesene Säuregehalt ist der maßgebende.

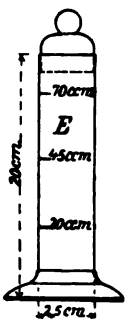


Fig. 8.

Auch für den vorliegenden Fall ist die Rechnung die gleiche wie oben, da die verbrauchten ccm Natronlauge wiederum nur zur Titrierung von 10 ccm Oel, nämlich der Hälfte des im Ganzen angewandten Oeles, benutzt wurden.

Der Vorzug des Verfahrens dürfte einerseits durch die Bequemlichkeit der Probenentnahme und die Sicherheit vor Materialverlust beim Einfüllen des Oeles in den Titrierkolben, andererseits durch die Vermeidung zeitraubender Rechnungen bedingt sein. Die Benutzung der beschriebenen Anordnung wird sich daher besonders dort empfehlen, wo häufige Bestimmungen von freier Säure im Oel auszuführen sind.

Die benutzte Bürette wurde von Herrn Glasbläser Stuhl[2]) angefertigt.

Um die Richtigkeit der Ergebnisse des Verfahrens mit denjenigen des sonst üblichen zu vergleichen, wurden die in nachstehender Tabelle verzeichneten Versuche ausgeführt.

---

[1]) Von dieser Zahl weichen die specifischen Gewichte der gewöhnlich zum Schmieren benutzten fetten Oele, wie Rüböl, Baumöl, Klauenfett, Knochenöl nur so wenig ab, daß sie ohne Fehler für alle Arten dieser Oele in die Formel eingesetzt werden kann. Bei Mineralölen ist andererseits in der Regel der Säuregehalt ein derartig geringer, daß selbst bei größerer Abweichung des spec. Gewichtes ein erheblicher Fehler durch Annahme der obigen Zahl nicht gemacht werden kann.

[2]) Berlin N., Elsasserstr. 39.

Digitized by Google

Lfd. Nr.	Zeichen der Probe.	Art des Oeles.	Säuregehalt	
			a *)	b *)
1	30 d	Raffiniertes Rüböl.	0,64	0,64
2	2 b	"	0,60	0,59
3	7 a	"	0,95	0,95
4	54 a	Baumöl	0,44	0,44
5	I 18	"	2,82	2,82
6	I 9	Raffiniertes Rüböl	1,00	1,01
7	30 b	"	0,63	0,64
8	12	"	0,28	0,28

*) a bedeutet die nach dem gewöhnlich üblichen Geißler'schen Verfahren gefundenen, b die mittelst der oben beschriebenen Vorrichtung erhaltenen Procentgehalte an freier Säure, berechnet als Schwefelsäureanhydrid.

III. Mittheilungen aus der chemisch-technischen Versuchsanstalt.

1. Verfahren zur Vergleichung der Erstarrungspunkte verschiedener Talgsorten.

Vom Vorsteher, Professor Dr. Finkener.

Nach den im Jahre 1889 S. 27 der „Mittheilungen" veröffentlichten Beobachtungen muß man bei zolltechnischen Untersuchungen von Talgproben darauf verzichten, den wirklichen Erstarrungspunkt zu ermitteln, und sich damit begnügen, Versuche anzustellen, welche eine sichere Vergleichung der Erstarrungspunkte verschiedener Talgproben zulassen. Bei der Ausführung einer solchen Vergleichung sind in erster Linie die Umstände zu berücksichtigen, welche das zu beobachtende Temperaturmaximum erheblich beeinflussen. Als solche haben sich herausgestellt, die Menge des Talgs, welche beim Versuch angewendet wird, und die Schnelligkeit, mit der die Abkühlung des geschmolzenen Talgs vor sich geht.

Was die Menge des Talgs betrifft, so verursachte bei den auf Seite 37 der oben erwähnten Abhandlung mitgetheilten Versuchen eine Vergrößerung des Durchmessers der erkaltenden Rindertalgkugel von 50 mm auf 80 mm und auf 135 mm ein Steigen des beobachteten Maximums von 45,35° auf 46,50° und auf 47,38°.

Hiernach würde eine Vergrößerung des Durchmessers der Kugel von 49 mm auf 50 mm eine Erhöhung des Erstarrungspunktes von etwa 0,1° herbeiführen.

Da nun die Beschaffung von Kölbchen mit einer Kugel, deren Durchmesser zwischen 49 mm und 51 mm liegt, keine Schwierigkeiten bietet, so sind bei der Wahl dieser Größe die durch die unvermeidlichen Größenunterschiede der Gefäße bedingten

Digitized by Google

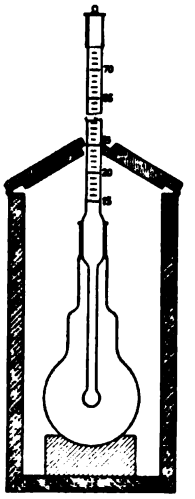
Aenderungen des Erstarrungspunktes hinreichend klein, um vernachlässigt werden zu können.

Die Verlangsamung der Abkühlung, wie sie bei den oben erwähnten früheren Versuchen durch Einhüllung des Kolbens in Watte herbeigeführt ist, reicht aus zur Erlangung hinreichend übereinstimmender Beobachtungsresultate. Für eine bestimmte gleiche Umwickelung mit Watte sind aber nicht leicht einfache Vorschriften zu geben, es ist deshalb von Watte abgesehen und eine Holzumhüllung gewählt, welche, wie einige Vorversuche zeigten, die Watte ersetzen kann.

Die Menge Talg, mit welcher sich eine Beobachtung allenfalls machen läßt, beläuft sich auf 80 g, ist also nicht unbequem groß. Die Zeit, innerhalb welcher ein Versuch auszuführen ist, beträgt etwa 2 Stunden, wird aber durch die Ausführung von 1 Versuch nicht voll in Anspruch genommen. Mit 3 Apparaten können in 3 Stunden 3 Versuche zu Ende geführt werden.

Die besprochenen Erwägungen sind maßgebend gewesen bei der Herstellung des zu benutzenden Apparates, dessen hintere Hälfte nach Entfernung der vorderen durch einen senkrechten ebenen Schnitt beistehend in Ansicht gezeichnet ist.

Der viereckige Kasten ist aus Buchenholz angefertigt, hat 9 mm Wandstärke, 70 mm lichte Weite und 144 mm lichte Höhe. In der Mitte des Bodens ist ein Kork befestigt 22 mm hoch mit einer kleinen Vertiefung in Form einer Kugelschale, in welcher der Kolben steht. Wenn das in den Kolbenhals eingeschliffene Thermometer in den Schliff eingesetzt wird, fällt der Mittelpunkt seiner Kugel mit dem der Kugel des Kolbens in einen Punkt. In dem Schliff des Thermometers ist parallel der Axe eine Rinne angebracht, so daß die Luft in dem Kölbchen über dem Talg immer unter dem Druck der Atmosphäre steht, wenn man die Schliffflächen rein hält. Werden die beiden Klappen, welche den Deckel des Kastens bilden, heruntergelassen und in dieser Lage durch 2 Haken befestigt, so halten sie das Thermometer, welches eine Durchbohrung in der Mitte des Deckels gerade ausfüllt, und mit ihm den Kolben in der richtigen Lage fest. Der Hals des Kolbens ist zunächst etwas weit, 25 mm, damit die Kugel beim Erkalten des Talgs sicher voll bleibt, wenn man den flüssigen Talg bis zu einer Marke am Hals, etwa 10 mm über der Kugel, eingefüllt hat. Die Thermometerkugel hat 9 mm Durchmesser, der dünnere Theil des Thermometers 5 mm und der Schliff 12 mm. Die Theilung in $^1/_5$ Grade geht bis 75°, die Thermometerröhre hat aber ein etwas größeres Reservoir, so daß das Thermometer bis 120° erhitzt werden kann, ohne zu platzen.



Mit dem beschriebenen Apparate sind eine große Anzahl Beobachtungen ausgeführt worden, um zu sehen, inwieweit Aenderungen in der Ausführung des Versuchs die beobachtete Erstarrungstemperatur beeinflussen, und um den Gang des Thermometers bei verschiedenen Talgsorten kennen zu lernen.

Die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Beobachtungen zeigen den Einfluß, welchen die Temperatur, die der Talg beim Aufschmelzen erreicht hat, ausübt, und die Einwirkung, welche die Temperatur des Zimmers hat, in dem die Erkaltung vor sich geht. Benutzt ist dazu ein Handelstalg, der $^1/_2$ Jahr in verschlossenen Flaschen

Digitized by Google

im Laboratorium gestanden hatte. Die Versuche sind in der Reihenfolge der Nummern ausgeführt mit derselben Probe, die nach der ersten Beobachtung jedes Mal in dem Erkaltungskölbchen bei der angegebenen Temperatur wieder im Schmelzen erhalten ist.

Minuten	1. Geschmolzen 55° Zimmertemp. 23,5°	2. Geschmolzen 70° Zimmertemp. 22,0°	3. Geschmolzen 50° Zimmertemp. 23,5°	4. Geschmolzen ½ Stunde 100° Zimmertemp. 22,0°	5. Geschmolzen 1½ Stunde 100° Zimmertemp. 22,5°	6. Geschmolzen ½ Stunde 100° Zimmertemp. 10°
0	47.7	47.4	47 2	.	.	45.4
2	46.4	46.0	45.8	.	.	43.6
4	45.2	44.8	44.6	.	.	41.8
6	44.2	43.6	43.5	.	.	40.2
8	43.2	42.7	42.6	.	.	38.7
10	42.6	42.2	42.0	36.8	36.6	37.5
12	42.6	42.1	41.8	36.6	36.4	36 9
14	43.0	42.5	42.0	36.6	36.6	36.9
16	43.4	43.0	42.3	37.1	37.4	37.0
18	43 8	43.3	42.6	38.1	38.5	38.0
20	44.0	43.5	42.8	39.2	39.5	39.2
22	44.2	43.6	43.0	40.1	40.3	40.0
24	44.2	43.6	43.05	40.6	40.8	40.6
26	44.25	43.6	43.1	41.0	41.0	40.9
28	44.3	43.6	43.15	41.3	41.2	41.1
30	44.25	43.6	43.15	41.4	41.4	41.2
32	44.1	43.5	43.2	41.4	41.4	41.0
34	43.95	43.35	43.1	41.4	41.4	40.8
36	43.75	43.15	43.0	41.2	41.2	40.4
38	43.5	42.9	42.8	.	.	40.0
40	43.25	42.6	42.6	.	.	39.6
42	42.95	42.2	42.4	.	.	39.1
44	42.7	41.8	42.1	.	.	38.6
46	.	.	.	.	.	38.0
50	.	.	.	.	.	36 8
54	.	.	.	.	.	35.6
62	.	.	.	.	.	33.0
70	.	.	.	.	.	30.5
78	.	.	.	.	.	28.2

Der Erstarrungspunkt sinkt bei wiederholtem Schmelzen bei niedriger Temperatur, erreicht aber durch ½stündiges Erhitzen auf 100° einen festen Werth, so daß wiederholtes Schmelzen und längeres Erhitzen auf 100° keine weitere Erniedrigung herbeiführen. Die Ursache dieser Erscheinung ist die bekannte Existenz der verschiedenen Modifikationen des Tristearins.

Ein Sinken der Temperatur des Zimmers, in dem die Erkaltung stattfindet von 23° auf 10°, erniedrigt die beobachtete Erstarrungstemperatur um 0,20°, so daß also Berücksichtigung der Höhe der gewöhnlichen Zimmertemperatur nicht erforderlich ist.

Der Verlauf des Erkaltens in dem Holzkästchen ist nicht wesentlich verschieden von dem bei Einhüllung des Kölbchens in sehr viel Watte, wie eine Vergleichung der obigen Zahlen mit den in Tabelle K. S. 35 der schon erwähnten Abhandlung zeigt. In den obigen 6 Versuchen sind die beiden Wendepunkte des Thermometerstandes und die Zeitdauer zwischen dem Eintreten derselben folgende:

Versuch	1	2	3	4	5	6
Niedrigste Temperatur .	42,6	42,1	41,8	36,6	36,4	36,9
Höchste Temperatur . .	43,5	43,6	43,2	41,4	41,4	41,2
Zeitunterschied	18 m	18 m	20 m	22 m	22 m	18 m

Digitized by Google

Mit welcher Temperatur das Kölbchen in den Kasten gestellt wird, vorausgesetzt, daß dieselbe um etwa 10° über dem Erstarrungspunkt liegt, ist von keinem Einfluß auf den beobachteten Erstarrungspunkt und ändert den Verlauf der Erkaltung nicht erheblich.

Ein anderer Talg, Rindertalg, der nach dem Ausschmelzen 1 Jahr in verschlossenen Flaschen gestanden hatte, ergab folgende Zahlen.

Bei niedriger Temperatur geschmolzen, in den Kolben gegossen, schnell auf 70° erwärmt und in den Kasten gestellt.

Niedrigste Temp. 44,1. Höchste Temp. 45,7. Zwischenzeit 18 Min.

Dieselbe Probe von Neuem aufgeschmolzen, noch ½ Stunde bei 65° im Wasserbade erwärmt, mit dieser Temperatur in den Kasten gebracht.

Niedrigste Temp. 42,5. Höchste Temp. 44,4. Zwischenzeit 24 Min.

Eine neue Probe, bei niedriger Temperatur aufgeschmolzen in den Kolben gebracht, nach ½ Stunde in ein Wasserbad von 65° gestellt.

Niedrigste Temp. 42,6. Höchste Temp. 45,0. Zwischenzeit 21 Min.

Eine neue Probe bei niedriger Temperatur aufgeschmolzen, ½ Stunde in Wasser von 90° belassen.

Niedrigste Temp. 41,2. Höchste Temp. 43,3. Zwischenzeit 27 Min.

Dieselbe Probe im Kolben aufgeschmolzen, ½ Stunde in Wasser von 65°.

Niedrigste Temp. 39,9. Höchste Temp. 43,3.

Dieselbe Probe nach 2 Tagen aufgeschmolzen, schnell auf 70° erwärmt.

Niedrigste Temp. 38,8. Höchste Temp. 43,2.

Neue Probe auf dem Wasserbade eingeschmolzen, noch 1 Stunde auf dem Wasserbade belassen.

Niedrigste Temp. 37,2. Höchste Temp. 43,3. Zwischenzeit 20 M.

Etwa 2 Monate nach diesen Versuchen wurden die gesammelten Proben aufgeschmolzen und 1 Stunde auf 100° erwärmt.

Der gefüllte Kolben ist sofort in den Kasten gebracht.

Niedrigste Temp. 37,6. Höchste Temp. 43,4. Zwischenzeit 18 M.

Dieselbe Probe im Kolben aufgeschmolzen ½ Stunde bei 100° erwärmt.

Niedrigste Temp. 37,4. Höchste Temp. 43,1. Zwischenzeit 19 M.

Ein zweiter Rindertalg, ½ Stunde bei 100° erhitzt, in den Kolben gefüllt und in den Kasten gestellt.

Niedrigste Temp. 35,0. Höchste Temp. 39,4. Zwischenzeit 18 M.

Dieselbe Probe im Kolben aufgeschmolzen und 1 Stunde auf 100° erwärmt.

Niedrigste Temp. 35,0. Höchste Temp. 39,4. Zwischenzeit 19 M.

Eine neue Probe 1 Stunde bei 100° erwärmt.

Niedrigste Temp. 34,9. Höchste Temp. 39,5. Zwischenzeit 19 M.

Digitized by Google

Die Untersuchung eines weichen Handelstalgs ergab die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Resultate. Die Versuche sind in der Reihenfolge der Nummern ausgeführt mit derselben Probe, die in dem Erkaltungskölbchen von Neuem aufgeschmolzen wurde bei der angegebenen Temperatur.

Minuten	1. Geschmolz. 55°	2. Geschmolz. 50°	3. Geschmolz. 55°	4. Geschmolz. 70°	5. Geschmolz. 75°	6. Geschmolz. 1/2 Std. 100°	7. Geschmolz. 2 Std. 100°	8. Geschmolz. 1/2 Std. 100°	9. Geschmolz 1/2 Std. 100°
0	32.5	32.7	32.3	32.4	33.3	32.4	29.3	32.3	.
2	.	32.2	31.9	31.9	.	31.9	29.0	31.8	.
4	.	31.7	31.5	31.5	31.7	31.4	28.75	31.4	.
6	31.2	31.3	31.2	31.1	.	31.0	28.65	31.0	.
8	.	31.0	30.9	30.7	30.7	30.5	28.65	30.6	30.6
10	.	30.8	30.7	30.3	.	30.1	28.7	30.2	30.2
12	30.6	30.6	30.5	30.0	29.8	29.7	28.7	29.8	29.8
14	.	30.55	30.4	29.7	29.5	29.4	28.6	29.5	29.4
16	30.5	30.5	30.4	29.5	29.4	29.0	28.5	29.2	29.1
18	30.5	30.5	30.4	29.4	29.3	28.8	28.4	29.0	29.0
20	.	30.5	30.4	29.3	29.3	28.7	28.35	28.9	28.9
22	.	30.5	30.4	29.2	29.3	28.6	.	28.9	28.9
24	30.9	30.5	30.4	29.1	29 4	28.6	.	28.95	28.9
26	.	30.5	30.45	29.1	29.5	28.6	28.2	28.9	28.8
28	.	30.55	30.5	29.1	29.7	28.6	28.2	28.8	28.7
30	31.1	30.55	30.5	29.2	29.9	28.5[1])	28.2	28.75	28.6
32	.	30.6	30.55	29.3	30.0	28.45	28.2	28.65	28.5
34	.	30.6	30.55	29.4	30.05	.	28.2	28.6	28.4
36	31.3	30.55	30.55	29.5	30.1	.	28.2	28.55	28.4
38	.	30.5	30.55	29.6	30 1	.	28.2	28.55	28.4
40	.	30.4	30.5	29.8	30.0	.	28.2	28.55	28.4
42	31.1	.	30.45	29.9	29.9	.	28.15	28.55	28.4
44	.	.	30.35	29.5	29.8	28.2	28.1	28.55	28.4
46	.	.	30.25	30.0	.	28.1	28.0	28.6	28.4
48	.	.	.	30.0	.	28.1	27.9[2])	28.6	28.4
50	.	.	.	30.0	.	28.05	.	28.6	28.35
52	.	.	.	30.0	.	28.0	.	28.6	28.3
54	.	.	.	30.0	.	28.0	.	28.6	28.25
56	.	.	.	30.0	.	.	.	28.6	28.2
58	.	.	.	29.9	.	.	.	28.55	28.1
60	.	.	.	29.8	.	.	.	28.5	.
62	.	.	.	29.7	.	.	.	28.45	.

[1]) Nur zum Theil erstarrt. [2]) Alles fest.

Auch bei diesem weichen Talg sinkt der Erstarrungspunkt durch längeres Erwärmen bei Temperaturen, die erheblich über dem Schmelzpunkt liegen, und wird constant durch 1/2 stündiges Erhitzen bei 100°. Beim Abkühlen sinkt die Temperatur nicht so weit unter den Erstarrungspunkt als beim harten Talg, und nach dem Erwärmen bei 100° ist ein Auf- und Absteigen der Temperatur, wie es bei hartem Talg stattfindet, noch kaum zu beobachten, das Maximum hat sich verflacht, aber eine mehrere Minuten dauernde gleich bleibende Temperatur ist noch gut festzustellen.

Bei weiterem Abkühlen zeigt der weiche Talg noch ein zweites Mal eine Unterbrechung des Sinkens des Thermometers, eine Erscheinung, die darauf beruhen wird, daß sich bei der zweiten Unterbrechung ein anderer fester Körper ausscheidet, als bei der ersten.

Digitized by Google

Zur Benutzung des Apparates ist nach Vorstehendem folgende Vorschrift ausreichend:

Man bringt von einer Durchschnittsprobe des zu untersuchenden Talgs 150 g in einer unbedeckten Porzellanschale auf einem siedenden Wasserbade zum Schmelzen, läßt sie, nachdem dieses erfolgt ist, noch ½ Stunde auf dem siedenden Wasserbade stehen und füllt alsdann aus der außen abgetrockneten Schale Talg in das Erstarrungskölbchen bis zur Marke. Das Kölbchen stellt man, nachdem wenn nöthig der Schliff abgeputzt und das Thermometer eingesetzt ist, sofort in den Kasten, klappt den Deckel desselben zu und fängt an, den Stand des Thermometers alle 2 Minuten abzulesen und aufzuschreiben, wenn das Thermometer auf 50° gesunken ist.

Bei hartem Talg fängt das Thermometer nach einiger Zeit an, langsamer zu fallen, bleibt einige Minuten stehen, steigt wieder, erreicht einen höchsten Stand und sinkt abermals. Dieser höchste Stand ist der Erstarrungspunkt.

Bei weichem Talg fängt das Thermometer nach einiger Zeit an, langsamer zu fallen, bleibt mehrere Minuten auf einem sich nicht ändernden Stand stehen und sinkt dann, ohne den vorigen dauernden Stand wieder zu erreichen. Der beobachtete höchste, sich auf einige Zeit nicht ändernde Stand giebt den Erstarrungspunkt an.

Längeres Erhitzen als ½ Stunde auf dem Wasserbade ist unschädlich.

Eine genaue Regelung der Temperatur des Zimmers, wenn dieselbe von einer gewöhnlichen Zimmertemperatur nicht sehr stark abweicht, ist nicht erforderlich.

Das Abkühlen des mit einer Temperatur von 100° in den Kasten gebrachten Talgs auf 50° dauert etwa ¾ Stunden.

Wenn der Versuch beendet ist, bringt man den Talg in dem Kölbchen, am sichersten durch Einstellen desselben in siedendes Wasser, zum Schmelzen, nimmt erst dann das Thermometer heraus, gießt den Talg aus und spült das erkaltete Kölbchen mit wenigen ccm Aether einige Male aus.

Eine Vergleichung des nach dem beschriebenen Verfahren ermittelten Erstarrungspunktes dreier verschiedener Talgproben mit dem nach der Zollinstruktion festgestellten ergab folgende Resultate:

	Nach dem beschriebenen Verfahren.	Nach der Zollinstruktion.
Talg I	41,3°	40,2°
„ II	43,3	41,5
„ III	39,4	38,5

Die nach der Zollinstruktion ermittelten Zahlen sind als Mittelwerthe zu betrachten.

Je nach der Art des Rührens, ob man die an den Wandungen erstarrten Theile mehr oder minder vollständig immer wieder mit einrührt, erhält man niedrigere oder höhere Werthe. Der Einfluß des Umstandes, daß sich Talg auch schon bei niedrigerer Temperatur klar aufschmelzen läßt und dann einen höheren Erstarrungspunkt zeigt, ist bei der obigen Vergleichung schon durch vorheriges längeres Erwärmen bei 100° C. beseitigt.

IV. Mittheilungen aus der Prüfungs-Station für Baumaterialien.

Berichtigung zu Heft I. 1890. Seite 26.

Cement No. 27 ist irrthümlich als Cement der Portland-Cement-Fabrik von Dyckerhoff & Söhne in Amöneburg bezeichnet. Der Cement ging ohne Angabe über seinen Ursprung ein und ist nach ausdrücklicher Erklärung des Einsenders Fabrikat einer anderen Firma.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von H. S. Hermann in Berlin.

Digitized by Google

Von den im Anschluß an die „**Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten**" zur Ausgabe gelangenden

Ergänzungsheften

sind erschienen:

1887.

Heft I. **Die Festigkeitseigenschaften des Magnesiums.** Von A. Martens. Mit 3 Taf. M. 4,—

Heft II. **Untersuchungen über die Festigkeitseigenschaften und Leitungsfähigkeit an deutschem und schwedischem Drahtmateriale.** Von A. Martens. M. 2,—.

Heft III. 1. **Mikroskopische Untersuchung des Papiers.** Von W. Herzberg. Mit 2 Lichtdrucktafeln. — 2. **Ergebnisse der Prüfungen von Apparaten zur Untersuchung der Festigkeitseigenschaften von Papier.** Von A. Martens. Mit 1 Tafel. M. 5,—.

Heft IV. **Ueber Druckpapiere der Gegenwart.** Von A. Martens. M. 1,—.

1888.

Heft I. Ergänzungen zu den im 2. Ergänzungshefte 1887 veröffentlichten **Untersuchungen über Festigkeitseigenschaften und Leitungsfähigkeit an deutschem und schwedischem Drahtmateriale.** 1) **Bestimmung des elektrischen Leitungswiderstandes von Metalldrähten.** Von Prof. A. Paalzow. Mit 1 Tafel. — 2) **Zusammenhang zwischen der chemischen Zusammensetzung und dem Kleingefüge einerseits und der Leitungsgüte des Telegraphendrahtes andrerseits.** Von Dr. H. Wedding. Mit 7 Tafeln. M. 6,—.

Heft II. **Bericht über die Ergebnisse von Festigkeitsversuchen mit gelötheten Drahtseilen und Drähten.** Von A. Martens. Mit 2 Tafeln. M. 8,—.

Heft III. **Schmieröluntersuchungen.** Von A. Martens. Mit 4 Tafeln. M. 6,—.

Heft IV. **Untersuchung japanischer Papiere.** Von A. Martens. Mit 3 Tafeln. M. 5,—.

Heft V. **Bericht** über die im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe ausgeführten vergleichenden Untersuchungen von **Seilverbindungen für Fahrstuhlbetrieb.** Theil I. Ergebniß der Untersuchungen für ruhende Belastung. Von A. Martens. M. 2,60.

1889.

Heft I. **Resultate der Untersuchungen des in der Eifel vorkommenden vulkanischen Sandes in Bezug auf seine Verwendbarkeit zur Mörtelbereitung.** Von Dr. Böhme. Mit 2 Tafeln. M. 3,—.

Heft II. **Untersuchungen von natürlichen Gesteinen auf Festigkeit, specifisches Gewicht, Härtegrad, Wasseraufnahme, Cohäsionsbeschaffenheit und Wetterbeständigkeit.** Von Dr. Böhme. Mit 1 Tafel. M. 4,—.

Heft III. **Bericht** über die im Auftrage des Herrn Ministers für Landwirthschaft, Domänen und Forsten ausgeführten **Holzuntersuchungen.** Von M. Rudeloff. Mit 2 Taf. M. 7,—.

Heft IV. **Festigkeitsuntersuchungen mit Zinkblechen der schlesischen Aktien-Gesellschaft für Bergbau- und Zinkhüttenbetrieb zu Lipine O.-S.** Von A. Martens. Mit 2 Taf. M. 4,—.

Heft V. **Schmieröluntersuchungen.** Von A. Martens. (Fortsetzung zum Ergänzungsheft III. 1888.) Mit 1 Tafel. M. 10,—.

1890.

Heft I. **Versuche über die Beiz- und Rostsprödigkeit des Eisens und Stahls.** Bericht des Professors A. Ledebur in Freiberg nebst den Versuchsergebnissen der mechanisch-technischen Versuchsanstalt. M. 3,—.

Heft II. **Untersuchungen mit Eisenbahnmaterialien.** Von A. Martens. Mit 5 Tafeln. (Unter der Presse.)

Digitized by Google

Sämmtliche Apparate
zur
Untersuchung von Mineralölen,
als
Abel'sche Petroleumprober, Mineralölprober (Abel-Pensky),
Engler'sche Viscositätsmesser, Leptometer u. s. w.
empfehlen in bester Ausführung [9084]
und stehen Cataloge gratis zu Diensten.
Berthold Pensky Nachfolger,
BERLIN S.W., Wilhelmstrasse No. 122.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.
Monbijouplatz 3.

Elasticität und Festigkeit.

Die für die
Technik wichtigsten Sätze und deren erfahrungsmässige Grundlage.
Von
C. Bach,
Professor des Maschinen-Ingenieurwesens am K. Polytechnikum Stuttgart.

Mit in den Text gedruckten Abbildungen und 14 Tafeln in Lichtdruck.
In Leinwand gebunden Preis M. 17,50.

Chemisch-technische Untersuchungsmethoden

der
Gross-Industrie, der Versuchsstationen und Handelslaboratorien.
Unter Mitwirkung von
C. Balling, M. Barth, Th. Beckert, R. Benedikt, C. Bischof, E. Büchner, C. Councler, C. v. Eckenbrecher, O. Guttmann, W. Hersberg, P. Jeserich, C. Kretzschmar, O. Mertens, A. Morgen, R. Nietzki, A. Pfeiffer, E. Schoele, K. Stammer, A. Stutzer
herausgegeben von
Dr. Fr. Böckmann,
Chemiker der Solvay'schen Sodafabrik zu Wyhlen.
Zwei Bände.
Mit zahlreichen in den Text gedruckten Abbildungen.
Zweite vermehrte und umgearbeitete Auflage.
Preis M. 22,—; gebunden in 2 Leinwandbänden M. 24.40.

Papier-Prüfung.

Ein Leitfaden bei der Untersuchung von Papier.
Herausgegeben
von
Wilhelm Herzberg,
Vorsteher der Abtheilung für Papier-Prüfung an der Königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Charlottenburg.
Mit 22 in den Text gedruckten Figuren und 2 Tafeln in Lichtdruck.
Preis geb. M. 5.—.

Hierzu eine Beilage von **Carl Schleicher & Schüll** in **Düren** betreffend: **Filtrirpapier.**

Digitized by Google

MUS. COMP. ZOOL.

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Achter Jahrgang: 1890.

Viertes Heft.

Mit einer Tafel in Lichtdruck.

Berlin.
Verlag von Julius Springer
c 1890.

Digitized by Google

Seit 1888 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

I. Mittheilungen der Königlichen Aufsichts-Kommission. Seite

(Fehlen.)

II. Mittheilungen aus der mechanisch-technischen Versuchsanstalt.

Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften des Eisens. Vom Vorsteher Professor Martens 159

III. Mittheilungen aus der chemisch-technischen Versuchsanstalt.

(Fehlen.)

IV. Mittheilungen aus der Prüfungsstation für Baumaterialien.

(Fehlen.)

Digitized by Google

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.
Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

VIII. Jahrgang. **1890.** Viertes Heft.

II. Mittheilungen aus der mechanisch-technischen Versuchsanstalt.

Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften des Eisens.

Ausgeführt im Auftrage des „Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes" und des „Vereins deutscher Eisenhüttenleute".

Bericht des Vorstehers Professor Martens an die Kommission für die Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften des Eisens.

Im Jahre 1886 beantragte der „Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes" in Berlin und der „Verein deutscher Eisenhüttenleute" in Düsseldorf die Ausführung von Festigkeitsversuchen über den Einfluß der Wärme auf Flußeisen von verschiedenem Härtegrade. Beide Vereine hatten zur Vereinbarung des Arbeitsplanes eine Kommission gebildet, welcher seitens des Vereins für Gewerbfleiß die Herren:

Geheimer Bergrath Dr. Wedding als Vorsitzender,
Maschinenfabrikant Hoppe, Berlin,
Professor Ludewig, Berlin,
Ingenieur Martens, Berlin,

und seitens des Vereines deutscher Eisenhüttenleute die Herren:

Generaldirektor Brauns, Dortmund,
Generaldirektor Massenez, Hörde und
Hüttendirektor Minssen, Essen,

nach dessen Tode Hüttendirektor Asthöfer, Essen, beitraten.

Die Anschauungen, welche den Verein für Gewerbfleiß leiteten und veranlaßten, mit dem zweiten Verein gemeinsam vorzugehen, sind in einem Berichte niedergelegt, den ich als Mitglied der Abtheilung für Mathematik und Mechanik des Vereins für Gewerbfleiß erstattete. Er lautete:

„Aus Anlaß einer Anregung durch den Herrn Geheimen Bergrath Dr. Wedding hat die Abtheilung für Mathematik und Mechanik die Frage erörtert, ob es nicht angezeigt sein würde, angesichts der Unsicherheit und Unvollkommenheit der Kenntniß bezüglich des Verhaltens der meisten Metalle in höheren Wärmegraden, bei dem Verein

Digitized by Google

für Beförderung des Gewerbfleißes eine eingehende Untersuchung in genannter Richtung zu befürworten. Unterzeichneter wurde mit der Ausarbeitung eines Programmes und Kostenanschlages beauftragt, nachdem durch eingehende Verhandlungen in mehreren Abtheilungssitzungen festgestellt war, daß die älteren Untersuchungen nicht gleichmäßig und hinreichend erschöpfend durchgeführt seien. Ganz besonders sei dies für Stahl und Eisen innerhalb der Wärmegrade bis zu etwa 600° zutreffend. Auch die neueren und umfangreichen Untersuchungen von Dr. Kollmann, deren Ergebnisse in einer vom Verein für Gewerbfleiß preisgekrönten Arbeit niedergelegt sind, lassen wohl im Großen und Ganzen das Gesetz der Festigkeitsabnahme mit wachsender Wärme erkennen und haben im Allgemeinen auch eine gute Uebereinstimmung mit den älteren schwedischen, englischen und amerikanischen Versuchen ergeben, aber einerseits ist die Versuchsausführung eine ziemlich rohe und läßt namentlich nicht die Veränderungen erkennen, welche der Elastizitätsmodul, die Proportionalitäts- und Streckgrenze bei den Wärmegraden bis zu etwa 400° erfahren, für den Konstrukteur ist es andererseits nöthig, eine genauere Kenntniß derjenigen Festigkeitseigenschaften zu erhalten, welche die von ihm benutzten Metalle unter den im Betriebe vorkommenden Erwärmungen entwickeln. Manche Konstruktionstheile (Dampfkessel, Heizröhren, Vakuumpfannen, Sulfitkocher u. a. m.) sind stark und häufig wechselnden Hitzegraden und hohen Druckspannungen ausgesetzt; dazu kommt noch, daß in neuester Zeit das für diese Konstruktionen vielfach verwendete Schweißeisen mehr und mehr durch ein Material ersetzt wird, welches neben vielfachen augenscheinlichen Vortheilen auch einige Nachtheile mit sich zu bringen scheint, die in der That in dem Material als solchem oder in dem Zustande begründet sind, in welchem es zur Anwendung kommt. In dieser Beziehung hat vor allen Dingen die eigenthümliche Sprödigkeit viel von sich reden gemacht, welche manches Flußeisen im sogenannten blauwarmen (oder schwarzwarmen) Zustande zeigt. Trotz der vielfach angestellten Untersuchungen mangelt es immer noch an einer genaueren Erkenntniß derjenigen Verhältnisse, welche auf die Festigkeitsänderungen der Metalle vorwiegend Einfluß nehmen und welche dieselben bedingen. Man hält es für dringend geboten, daß der Verein für Gewerbfleiß, vielleicht gemeinsam mit dem Verein deutscher Eisenhüttenleute, Untersuchungen in Anregung bringe, welche die bestehenden Zweifel lösen und nach Möglichkeit den Grad der Wärmeeinwirkung für verschiedene Metalle feststellen können. Die Abtheilung für Mathematik und Mechanik hat die Schwierigkeit einer solchen planmäßigen Untersuchung sehr wohl erkannt und ist sich auch darüber klar geworden, daß zur erschöpfenden Durchführung einer vollständigen Reihe von Versuchen Geldmittel gehören würden, welche der Verein für Gewerbfleiß allein nicht aufbringen kann; sie glaubt aber, daß es bei vorläufiger Einschränkung des Programmes auf nur ein Metall möglich sein würde, die Untersuchungen mit verhältnißmäßig geringen Mitteln und mit Aussicht auf Erfolg zu beginnen, wenn die Auswahl der Probestücke und die Versuchsanordnungen planmäßig betrieben werden.

Nach Erkenntniß dieses hatte man sich zunächst über die Wahl desjenigen Metalls schlüssig zu machen, mit welchem etwa die Versuchsreihe zu beginnen sein möchte. Man sagte sich, daß es möglich sein würde, zwei Gesichtspunkte zu verfolgen. Man konnte entweder Werth darauf legen, das Gesetz der Eigenschaftsänderungen im physikalischen Sinne festzustellen, oder man konnte in erster Reihe Werth darauf legen, die Versuchsreihen so anzuordnen, daß die Ergebnisse möglichst direkt dem technischen Bedürfniß Rechnung tragen.

Digitized by Google

Bei Verfolgung der ersten Richtung würde es zweckmäßig gewesen sein, zunächst mit solchen Metallen zu arbeiten, welche leicht rein und ohne Beimengungen erhalten werden konnten. In der That lagen auch mehrere Vorschläge in diesem Sinne vor, die jedoch fielen, als mehrseitig auf die großen Veränderungen aufmerksam gemacht wurde, welche auch reine Metalle bei der Aufnahme von geringen Mengen fremder Bestandtheile erleiden würden, was bei den zur Formgebung der Versuchsstücke fast unvermeidlichen Schmelzungen kaum zu verhindern sein würde. Man entschloß sich demgemäß dem aufzustellenden Programm den zweiten Gesichtspunkt zu unterlegen und solche typischen Metalle zu wählen, wie sie in der Technik gebräuchlich sind. Unter diesen sind die walzbaren Metalle diejenigen, welche am leichtesten so dargestellt werden können, daß aus einem großen Probestücke eine größere Zahl von Versuchsstücken entnommen werden kann. Dies ist bei den in Aussicht genommenen Untersuchungen Grundbedingung, da man nur auf diese Weise zu vergleichbaren Ergebnissen kommen kann.

Aus den vorstehenden Erwägungen faßte man endlich den Beschluß, für die Untersuchungen zunächst Flußeisen, beziehentlich Stahl von fünf verschiedenen Härtegraden zu benutzen, an diesem Material aber die Prüfungen vollständig erschöpfend durchzuführen, sodaß spätere Untersuchungsreihen sich alsdann leicht an diese erste anschließen können. Man war der Ansicht, daß man auch bezüglich der Qualität des Stahles sich nur zwischen den Grenzen von 0 bis 2% Kohlenstoff zu bewegen habe und daß hierbei die übrigen Beimengungen nach Möglichkeit von gleichem Bestande bleiben sollten. Um den Einfluß der Feuer- und Walzprozesse thunlichst auszuschließen, vereinigte man sich dahin, für die Probestücke Rundstangen von etwa 36 bis 40 mm Durchmesser zu wählen, welche auch zugleich leicht in solchen Längen gewalzt werden können, daß man eine größere Reihe von Versuchsstücken aus derselben Stange entnehmen kann.

Die Schwierigkeiten der Beschaffung des geeigneten Materiales wurden nicht verkannt, jedoch hoffte man, daß es dem Verein für Gewerbfleiß gemeinsam mit dem Verein deutscher Eisenhüttenleute wohl gelingen möge, einige Werke für die Anfertigung und kostenlose Lieferung geeigneten Probenmateriales zu gewinnen."

Diesem Berichte war zugleich ein ausführlicher Arbeitsplan beigefügt, der in den Vereinsverhandlungen zum Abdruck kam[1]) und hier nicht wiederholt zu werden braucht, weil die thatsächliche Versuchsausführung schließlich doch hiervon abweichen mußte.

Die oben genannte Kommission stellte in ihrer Sitzung vom 23. Oktober 1886 folgende Punkte als Grundlage für die Versuchsausführung fest:

1. „Die Art der Herstellung des Materials soll den Hüttenwerken überlassen bleiben, jedoch sollen die letzteren ersucht werden, über die Art der zur Anwendung gekommenen Hüttenprozesse, sowie über alle zur Beurtheilung des Materiales und seines besonderen Zustandes wichtigen Nebenumstände möglichst genau zu berichten.
2. Das zu prüfende Material soll Flußeisen sein und nach seiner Festigkeit gruppirt werden. Es sollen 4 Gruppen gebildet werden, welche den Festigkeitsstufen 36, 42, 48 und 54 kg/qmm (im ausgeglühten Zustande verstanden) entsprechen.

   Die erste Gruppe soll von der Qualität des Nieteneisens sein.

[1]) Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes 1886, S. 168.

Digitized by Google

3. Wenn irgend thunlich, soll nur der Kohlenstoff als Härtebildner auftreten; die sonst vorhandenen Stoffe müssen soviel als möglich zurücktreten und wenigstens in annähernd gleichen Mengen vorhanden sein.
4. Das Material für je eine der vorgenannten Gruppen ist möglichst aus einem einzigen Blocke, mindestens aber aus derselben Hitze zu entnehmen. Die einzelnen Stücke sind unter Innehaltung des gleichen Streckungsverhältnisses und im gleichen Hitzegrad auf Rundstäbe von etwa 38 mm Durchmesser auszuwalzen.
5. Von jeder der 4 Gruppen sind im Ganzen mindestens 70 m Rundstangen erforderlich, welche in Theilen geliefert werden, deren Länge ein Vielfaches von 80 mm betragen muß.
6. Die Versuchsstücke sind vor der Inangriffnahme der Festigkeitsversuche nach einem einheitlichen Verfahren in der Versuchsanstalt nochmals auszuglühen."

Die dem „Verein deutscher Eisenhüttenleute" angehörigen Kommissionsmitglieder übernahmen es, für die Beschaffung des Materiales nach den vorgenannten Gesichtspunkten Sorge zu tragen.

I. Das Versuchsmaterial.

Von dem Hörder Bergwerks- und Hüttenverein in Hörde wurden 34 Stangen von 38 mm Durchmesser gesendet, welche aus zwei Chargen von 36 und 42 kg Festigkeit stammen. Aus jeder Charge wurden 3 Blöcke benutzt und die entfallenen Stangen so gezeichnet, daß die Zugehörigkeit zu den einzelnen Blöcken erkannt werden konnte.

Von der Union-Aktien-Gesellschaft für Bergbau, Eisen- und Stahlindustrie in Dortmund wurden 21 Stangen von 38 mm Durchmesser gesendet, welche aus den beiden Chargen 6182 und 6186 stammen. Die Zeichen waren hier nicht derartig angebracht, daß die Zugehörigkeit zu den einzelnen Blöcken erkannt werden konnte.

Ueber die Herstellungsweise war zwischen den beiden Werken vereinbart worden, daß die Stäbe aus 250 mm starken quadratischen Blöcken bis auf 110 mm quadratischen Querschnitt ausgeschmiedet, von den Rohenden befreit und dann zu Stäben von 38 mm Durchmesser in Länge von 8—10 m ausgewalzt werden sollten.

Um die trotz der sorgfältigen Herstellung noch etwa vorhandenen Ungleichmäßigkeiten im Material thunlichst unschädlich für den später beabsichtigten Vergleich zu machen, wurden bei seiner Zerlegung die aus den einzelnen Stangen entfallenden Stücke fortlaufend numerirt, wobei bei dem Hörder Material darauf geachtet wurde, daß die Zusammengehörigkeit der Stäbe aus den einzelnen Blöcken nach den Zeichen des Hüttenwerkes gewahrt blieb. Die Probenauswahl für die Versuche ist dann in der Art erfolgt, daß immer je ein Stab für den Versuch bei -20, $+20$, 100, 200 C° u. s. w. aufeinander folgte; wenn die Reihe zu Ende war, kam eine zweite, dritte bis fünfte. Diese Probestäbe hatten mit Rücksicht auf die zur Anwendung kommende Stabform eine Länge von 730 mm erhalten; außerdem wurden noch Stücke von 420 mm Länge entnommen, um zu Versuchsstäben von der Normalform der Versuchsanstalt hergerichtet zu werden. Letztere sollten im Anlieferungszustande geprüft werden, während die Stücke für die Hauptversuche plangemäß auszuglühen waren.

Das Glühen geschah, indem die rohen abgeschnittenen Stäbe zu je 17 bis 18 Stück in gußeiserne Muffeln verpackt wurden, deren Deckel mit Lehm verschmiert waren,

Digitized by Google

nachdem die Muffeln zuvor noch mit einem Lehmkuchen beschickt waren, der nach Fig. 1 mit Streifen verschiedener Metalle und zwar: 1 = Blei, 2 = Zinn, 3 = Zink und 4 = Aluminium versehen war. Jede Muffel enthielt zwei Lagen von Stäben hinter einander und es wurden jedesmal zwei Muffeln neben einander in den Glühofen gebracht. Durch dessen Decke war ein Graphitpyrometer geführt so daß sein unteres Ende sich in der Mitte zwischen den beiden Muffeln befand. Das Anheizen geschah mit starkem Holzfeuer, um den Ofen schnell und gleichmäßig anzuwärmen und dann wurde mit Koks weiter gefeuert, wobei vor die Fugen der Thür zum Ofenraum glühende Holzkohlen geschüttet waren. Ueber jede Glühung ist ein ausführliches Protokoll geführt, wovon eins nachstehend wiedergegeben ist.

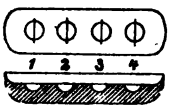


Fig. 1.

Tabelle 1.

Protokoll über die Glühung vom 26. April 1887 zum Antrage 809.

Die Muffeln werden mit zusammen 35 Stäben besetzt; es enthalten:

Muffel I	Muffel II
Stab Nr. 368	Stab Nr. 341
351	362
348	281
336	364
370	366
338	280
361	347
337	279
342	278
340	356
355	343
363	349
352	350
360	358
345	372
354	359
346	369
	365

Das Pyrometer zeigt bei 20 C° auf 40° und wird so in den Ofen eingesetzt. Anordnung der Schmelzproben wie früher.

Nach			
1½	h	Pyrometer	600°
2	"	"	810
2½	"	"	850
3	"	"	860
3½	"	"	860
4	"	"	860
5	"	"	880
5½	"	"	880
6	"	"	900
6½	"	"	910
7	"	"	910
7½	"	"	910
8	"	"	910
8½	"	"	910

Beim Herausnehmen am folgenden Tage zeigte das Pyrometer 45°, der Maximumzeiger 920°. Aluminium war nicht geschmolzen.[1])

Beobachter: Rudert.

Wenn die richtige Gluth längere Zeit erreicht war, wurden die sämmtlichen Thürfugen am Ofen mit Lehm verschmiert und der Ofen sich selbst überlassen, bis die Proben abgekühlt waren. Dies dauerte in der Regel 1 bis 2 Tage.

Das Material von Hörde sollte nach den Angaben der Hüttenwerke den Härtestufen 36 und 42 kg/qmm Festigkeit, dasjenige von Union den Härtestufen 48 und 54 kg/qmm entsprechen.

Die Prüfung der Normalrundstäbe ergab zufolge Tabelle 2 die Werthe:

[1]) Bei den meisten Glühungen ließ das Aluminium erkennen, daß es bereits erweicht worden war.

Digitized by Google

Tabelle 2. Vorprüfungen mit dem Versuchsmaterial.

Härtestufe und Stab-No.	Festigkeit soll sein in kg/qmm	P = Proportionalitätsgrenze		S = Streckgrenze		B = Bruchlast			Querschnittsverminderung	Bemerkungen
		Spannung σ_P kg/qmm	Dehnung δ_P %	Spannung σ_S kg/qmm	Dehnung δ_S %	Spannung σ_B kg/qmm	Dehnung auf je 50 mm δ_{50} = %	Dehnung auf je 100 mm δ_{100} = %	q = %	
A. Ergebnisse der Prüfungen im Anlieferungszustande.										
I. 14	36	16,6	0,081	24,4	0,123	41,0	32,3	26,5	49,2	Geliefert von Hörde.
I. 21		—	—	[26,1]	—	[41,4]	32,7	26,6	53,2	
I. 35		16,7	0,081	23,1	0,123	40,6	29,9	23,8	43,0	
I. 42		15,3	0,074	24,2	0,127	40,2	35,4	29,1	49,3	
I. 77		16,9	0,081	23,3	0,123	41,8	33,0	27,7	46,3	
I. 84		16,7	0,082	[21,0]	—	[41,1]	33,0	27,5	48,1	
Mittel . . .		16,4	0,080	23,7	0,124	41,0	32,7	26,9	48,3	
II. 119	42	21,7	0,104	27,3	0,132	48,2	27,4	23,4	32,2	Geliefert von Hörde.
II. 161		21,5	0,103	30,3	0,148	48,1	29,1	25,5	43,6	
II. 202		19,9	0,087	26,3	0,134	47,5	37,5	30,8	56,4	
II. 126		19,9	0,096	[27,1]	—	[46,5]	34,9	29,2	56,4	
II. 168		19,9	0,095	[28,4]	—	[48,1]	32,6	26,2	52,2	
II. 209		16,9	0,082	28,9	0,157	49,5	26,3	23,1	35,4	
Mittel . . .		20,0	0,095	28,1	0,140	48,0	31,3	26,4	49,0	
III. 247	48	17,6	0,084	29,6	0,147	52,6	33,0	27,5	55,0	Geliefert von Union.
III. 257		18,2	0,086	30,8	0,149	53,9	31,6	25,8	53,3	
III. 277		22,1	0,106	30,8	0,138	52,8	33,1	28,3	52,7	
III. 326		18,9	0,091	30,0	0,137	52,8	36,8	32,4	52,7	
III. 335		18,9	0,091	31,5	0,156	52,1	37,0	29,0	52,7	
Mittel . . .		19,2	0,092	30,5	0,145	52,8	34,3	28,6	53,3	
IV. 358	54	21,0	0,099	31,8	0,143	47,7	34,9	28,7	57,1	Geliefert von Union.
IV. 417		25,2	0,117	31,5	0,148	49,7	33,6	27,2	53,6	
IV. 344		24,7	0,115	30,3	0,130	47,5	32,7	26,1	57,1	
IV. 380		19,1	0,086	25,5	0,119	47,8	34,4	27,4	53,2	
IV. 362		22,1	0,103	28,4	0,135	48,9	36,4	29,5	55,5	
Mittel . . .		22,4	0,104	29,5	0,135	48,3	34,4	27,8	55,3	
B. Ergebnisse der Prüfungen im geglühten Zustande.										
I. 5	36	17,5	0,084	[23,2]	—	[38,8]	39,8	32,5	59,6	S und B aus Schaubild Nr. 49.
I. 30		(22,4)	(0,108)	23,1	0,109	38,5	35,5	29,6	51,2	Werthe für P ausschließen.
I. 39		16,6	0,079	19,8	0,106	[37,1]	39,1	32,3	59,3	B unsicher, nicht mit 0,25 t-Stufen vorgegangen.
I. 3		16,2	0,076	20,8	0,104	[37,3]	36,7	28,6	60,8	B aus Schaubild Nr. 4.
I. 2		—	—	[21,6]	—	[38,4]	36,9	30,0	61,6	S und B aus Schaubild Nr. 3.
I. 4		—	—	22,7	0,111	[38,5]	38,4	30,7	60,3	B aus Schaubild Nr. 5.
I. 72		15,8	0,077	23,7	0,105	[40,4]	33,9	28,9	57,4	B aus Schaubild Nr. 33.
Mittel . . .		16,5	0,079	[22,1]	0,107	[38,4]	37,2	30,4	58,6	
II. 114	42	16,6	0,079	26,8	0,127	[45,4]	31,2	26,6	46,4	B aus Schaubild Nr. 17.
II. 128		19,7	0,095	25,2	0,103	[42,3]	40,2	32,5	56,2	B aus Schaubild Nr. 18.
II. 156		15,0	0,071	[25,2]	—	[43,5]	32,4	27,7	43,5	S und B aus Schaubild Nr. 16. Streckgeschwindigkeit < 1%.
Mittel . . .		17,1	0,082	[25,7]	0,115	[43,7]	34,6	28,9	48,7	
III. 239	48	—	—	[26,5]	—	[47,3]	36,0	28,5	60,6	P nicht bestimmt, S u. B aus Schaubild Nr. 35.
III. 248		25,5	0,125	28,7	0,125	[46,8]	36,8	28,4	60,9	B aus Schaubild Nr. 39.
III. 256		26,0	0,123	28,4	0,123	[47,0]	37,4	28,9	63,1	B aus Schaubild Nr. 31.
Mittel . . .		25,8	0,124	[27,9]	0,124	[47,0]	36,7	28,6	61,5	
IV. 347	54	—	—	[27,8]	—	[43,8]	35,4	28,6	58,0	Keine Feinmessung. Schaub. Nr. 82.
IV. 339		16,6	0,078	24,5	0,113	[44,5]	38,3	28,9	58,7	B aus Schaubild Nr. 80.
IV. 338		16,7	0,080	25,5	0,112	43,5	37,8	31,4	57,6	P nicht ganz sicher, liegt vielleicht etwas höher.
Mittel . . .		16,7	0,079	[25,9]	0,113	43,9	37,2	29,6	59,8	

Digitized by Google

Nach Ausweis von Tabelle 2 genügten nur die Härtestufen I bis III den gestellten Anforderungen mit hinreichender Annäherung, während Härtestufe IV schon im ungeglühten Zustande hinter der Anforderung $\sigma_B = 54$ kg/qmm zurückblieb, beim Ausglühen aber gar auf $\sigma_B = 44$ kg/qmm fiel. Da schon bei den ersten Versuchen erkannt war, daß die Schwierigkeiten der Versuchsausführung sehr erheblich größer sein würden, als vorausgesehen, und weil die Einforderung neuen Materiales sehr erheblichen Zeitaufwand und große Störung der einmal im Zuge befindlichen Arbeiten veranlaßt haben würde, so wurde die Stufe IV von den Versuchen einstweilen ausgeschlossen.

Die Stäbe mußten für die beabsichtigten Versuche mit Rücksicht auf die anzubringende Vorrichtung zum Erwärmen besondere Form erhalten, auf welche sie mittelst Herausdrehen aus dem geglühten Rundstab von 38 mm Durchmesser gebracht wurden. Außer der Antragsnummer 809 erhielten die Stäbe an beiden Köpfen die Stabnummer als eingeschlagene Zeichen.

II. Die Versuchsausführung.

A. Die Einrichtungen.

Die Prüfung der ungeglühten Normalrundstäbe erfolgte in der in der Anstalt üblichen bekannten Weise. Für die Prüfungen bei erhöhter Wärme wurde dagegen nach endgültiger Feststellung der Ofenkonstruktion die nachstehend skizzirte Form gewählt (Fig. 2). An dem konischen Theil des Stabes wurde der Wärmofen Fig. 3 aufgehängt, welcher kurz beschrieben folgende Einrichtung hatte. Den Probestab

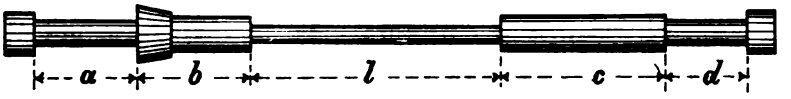


Fig. 2.

umgab ein Gefäß von etwa 100 mm Lichtweite, welches mit einem Paraffin- (bis zu 200 C°) oder Metallbad[1]) (bis zu 600 C°) gefüllt werden konnte. Dieses Gefäß war von einem eisernen Mantel umhüllt, in welches durch seitliche Schlitze die Stichflamme zweier Löwe'scher (Mundscheid) Gasgebläse geführt werden konnte. Durch Schieber konnte der Abzug der Verbrennungsgase geregelt werden. Die Gebläse sind am Maschinengestell der von mir konstruirten Festigkeitsprüfungsmaschine für 50000 kg (Maschine G der Anstalt) angebracht und werden durch die Wasserleitung getrieben; sie liefern mittelst Schlitzbrenners eine 110 mm breite Stichflamme. Stab und Ofen wurden gemeinsam an den Stabköpfen mittelst Kugelschalen in bekannter Weise in die Maschine gehängt. Die Flammen lassen sich durch Veränderung der Gas- und Luftzufuhr zum Gebläse regeln. Die Messung des Wärmegrades im Bade geschah bis zu 400 C° durch mit Stickstoff gefüllte Quecksilberthermometer von Geißler in Bonn und später durch ein Luftthermometer mit eisernem Luftgefäß, dessen Herstellung und Regulirung anfangs manche Schwierigkeiten bereitet hat.

Die Versuche im erkalteten Zustande bei — 20 C° wurden in einem doppelwandigen Zinkgefäß (Fig. 1 und 2 Taf. II) ausgeführt, welches ebenfalls an dem Stab-

[1]) Legirungen aus Blei und Zinn oder auch Blei allein. Frühere Versuche hatten ergeben, daß eine Bleiaufnahme durch das Eisen innerhalb der Versuchsdauer nicht stattfindet.

Digitized by Google

konus befestigt war. Das innere Gefäß wurde nach mehreren ungünstigen Vorversuchen mit einer Mischung von fein gestoßenem Eis und Viehsalz ebenso wie das äußere angefüllt. Man konnte auf diese Weise ziemlich nahe — 20 C° auf längere Dauer erzielen. Um möglichst geringe Wärmeverluste zu haben, war das äußere Gefäß noch mit einem Schutzmantel aus Asbestpappe und einer Schicht Sägespähne versehen.

Die Kraftmessungen geschahen entweder mittelst Gewichtsbelastung durch die Aufsatzvorrichtung an der rechten Seite der Maschine (in den Tabellen kurz mit R be-

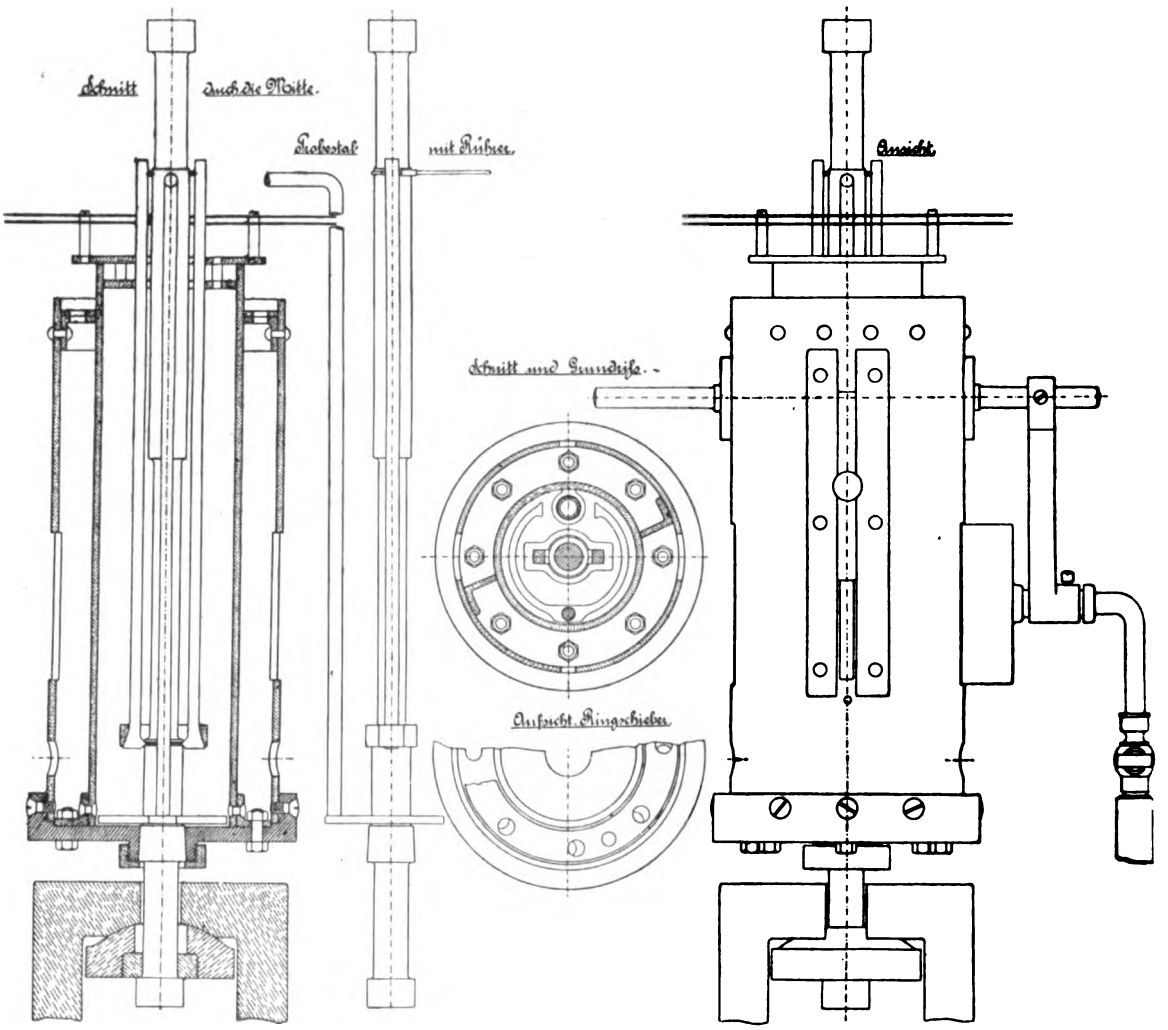


Fig. 8. Ofen zum Erwärmen der Probestäbe.

zeichnet) oder mittelst der selbstthätigen Belastungsvorrichtung an der linken Seite der Maschine (bezeichnet durch L). Die Wirkungsweise dieser Vorrichtung ist kurz die folgende: Die Zugkraft wird durch den Probestab auf den Deckel der Belastungsdose übertragen. Dieser Kraft wirkt der hydrostatische Druck des Doseninhaltes entgegen, welcher mittelst einer Quecksilbersäule so geregelt wird, daß die Kraftleistung des Probestabes gerade aufgehoben ist. Sowie das Gleichgewicht gestört ist, kommt eine elektrische Ein-

Digitized by Google

richtung ins Spiel, welche Heben oder Senken des Quecksilbergefäßes so veranlaßt, daß die Belastungsvorrichtung mit außerordentlich geringem Spiel um die Gleichgewichtslage pendelt. Ueber die Einzelheiten wolle man nachlesen „Ztschr. d. Vereins deutscher Ing." 1886, S. 171 und „Mittheilungen aus den technischen Versuchsanstalten" 1889, Ergänzungsheft III.

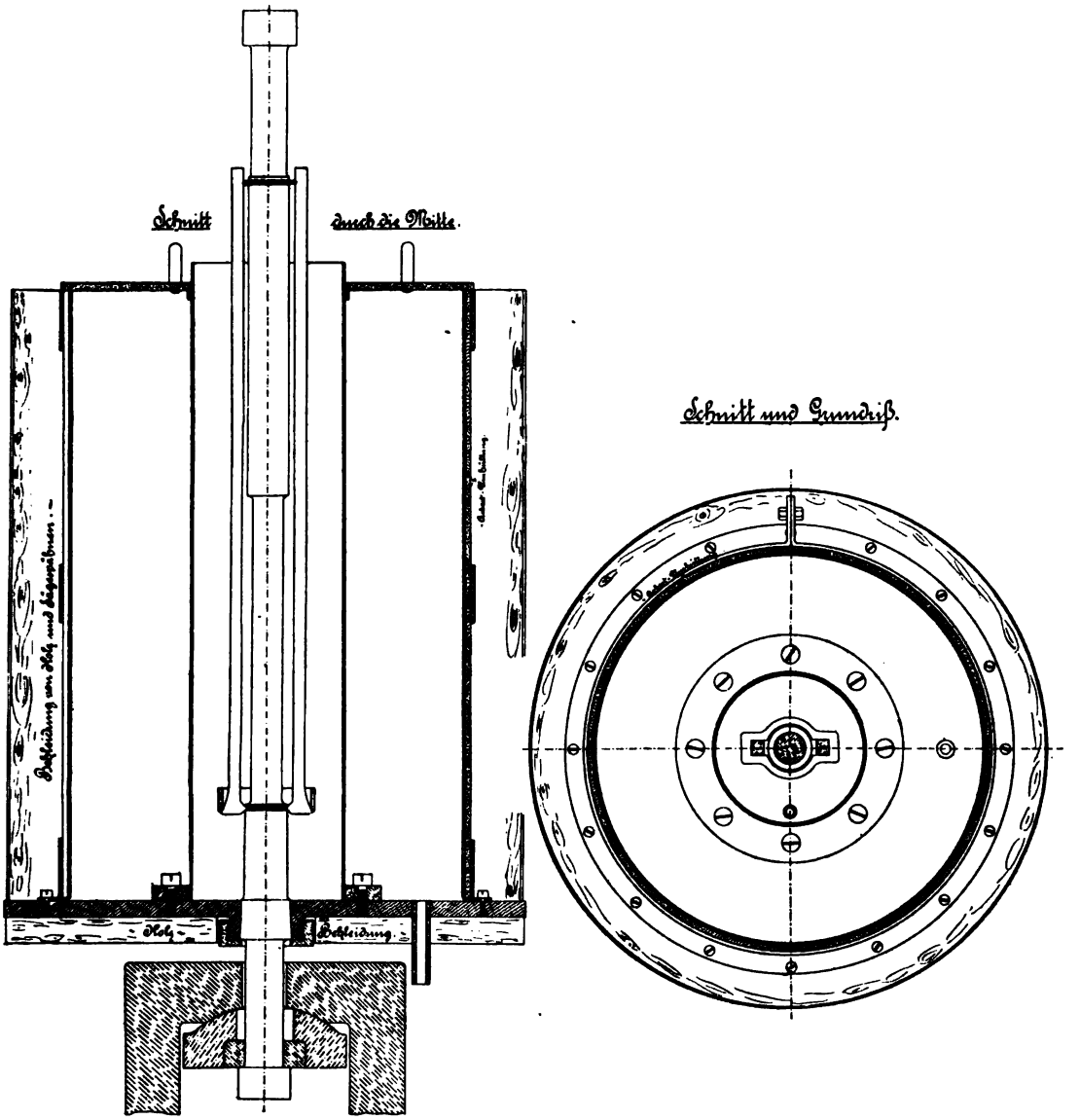


Fig. 4. Gefäß zur Vornahme von Versuchen bei — 20° C.

Die Messung der elastischen Dehnungen konnte nicht mit den gewöhnlich gebrauchten Spiegelapparaten geschehen, vielmehr mußten besondere in Fig. 5 dargestellte Einrichtungen hergestellt werden, welche namentlich den Zweck hatten, die Spiegel außerhalb des Bereiches des am Ofen aufsteigenden warmen Luftstromes zu bringen, da eine sichere Spiegelablesung nur in Luft von gleichmäßiger Dichte möglich

Digitized by Google

ist. Die Konstruktion selbst dürfte aus der Zeichnung verständlich sein. Als Ablesefernrohre dienten Instrumente von Bamberg in Berlin. Hinzuzufügen ist noch, daß die elastische Dehnung der eigentlichen Versuchslänge (cylindrischer Theil von 20 mm Durchmesser) nicht unmittelbar gemessen werden konnte. Um die Spiegelschneiden nach Möglichkeit den Einwirkungen der großen Hitze zu entziehen, sind die beiden Meßstangen mit ihren Schneiden in die unten am Stab eingedrehte Rinne (vergl. Fig. 4)

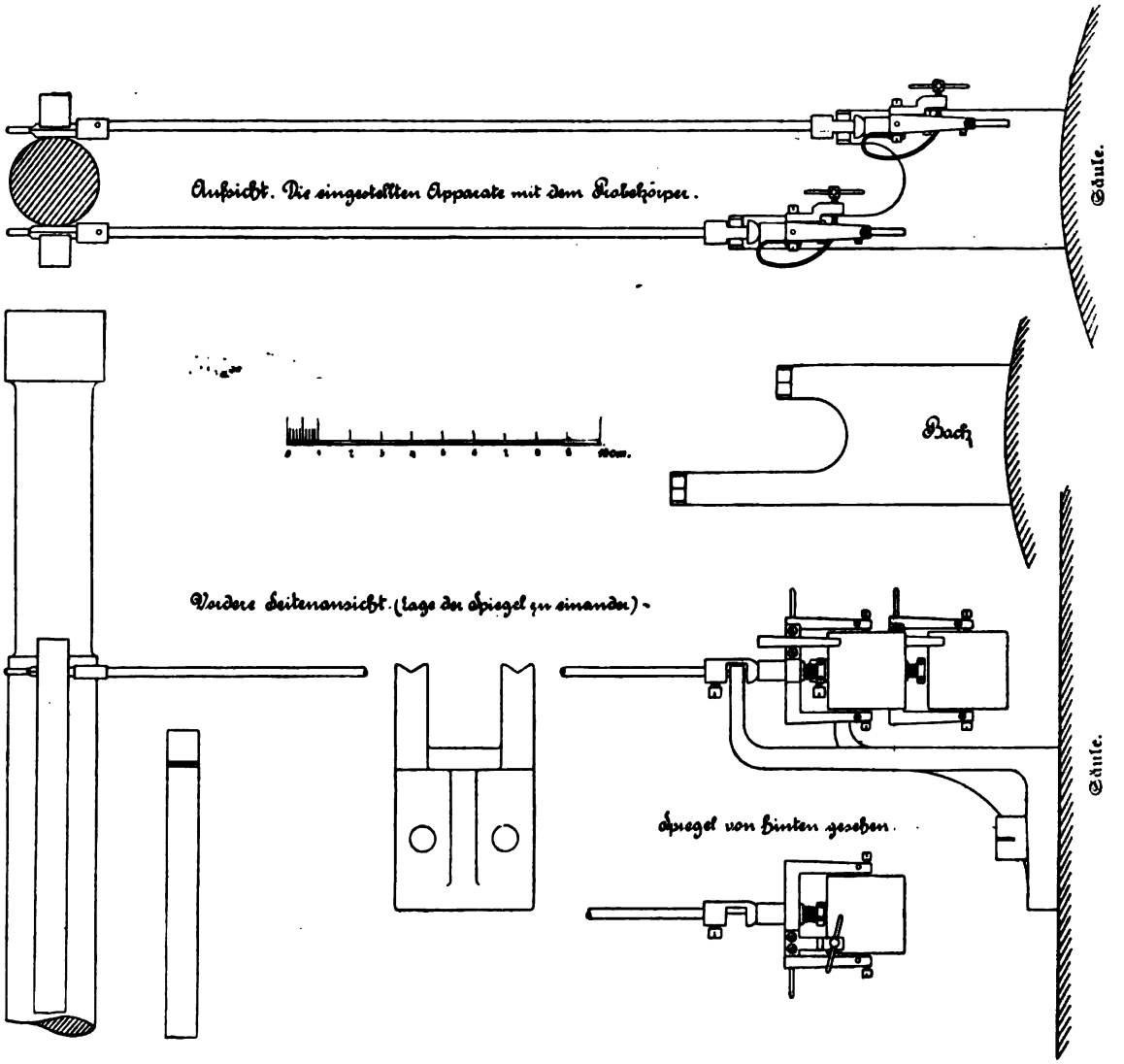


Fig. 5. Spiegelapparat nach A. Martens für Versuche bei verschiedenen Wärmegraden.

eingesetzt und mittelst eines übergeschobenen Ringes festgeklemmt. Die Schneiden des Spiegelapparates sind dann erst oberhalb des Ofens zwischen Meßstange und Stab in die vorhandenen Marken eingeklemmt (vergl. Fig. 5). Um die Wärmeausdehnungen und etwaigen Beeinflussungen der Bäder auf Stab- und Meßstangenmaterial einigermaßen gleichartig zu erhalten, sind die Stangen aus einem Stabe der Härtestufe II angefertigt.

Digitized by Google

Die Dehnungen der Versuchslänge konnten ebenfalls nicht unmittelbar gemessen werden. Man stellte statt dessen die Gesammtbewegung des Maschinenkolbens fest, und zwar geschah dies entweder an dem vorhandenen Maßstab für den Kolbenweg oder durch die Ausmessung der Abscisse des Selbstzeichners. Die Trommel des letzteren (vergl. a. o. O.) wurde nämlich durch den Kolben der Maschine mittelst eines feinen Drahtes bewegt, während der Zeichenstift die Bewegungen des Quecksilbergefäßes mitmachte und so die Schaulinie auf dem auf der Trommel befestigten Papier verzeichnete. Die Dehnungsmessungen mußten natürlich, ebenso wie die elastischen Formänderungen, auf die Versuchslänge umgerechnet werden, worüber später berichtet wird.

Der vorhin erwähnte an der Maschine angebrachte Maßstab zur Feststellung des Kolbenweges hat vornehmlich den Zweck, die Geschwindigkeit des Fließens während des Versuches unter Kontrole zu haben. Um diese Aufgabe zu erleichtern, bewegt die mit dem Kolben verbundene Stange außer der Zeigermarke für den Maßstab auch noch eine Rolle, deren Zeiger in etwa 14facher Vergrößerung den Kolbenweg anzeigt. Es ist nun allgemeine Bestimmung in der Versuchsanstalt, die Kolbengeschwindigkeit so zu regeln, daß während des Fließens des Stabes die Versuchslänge sich in der Minute um 1 Prozent ihrer ursprünglichen Länge dehnt. Diese Geschwindigkeit sollte thunlichst auch für die hier zu besprechenden Versuche inne gehalten werden.

B. Versuchsausführung.

Es erschien zweckmäßig, diesen und die folgenden Abschnitte von dem Beobachter selbst aufzeichnen zu lassen, damit nicht sein Urtheil und die von ihm speziell gesammelten Erfahrungen verloren gehen. Demgemäß soll hier der Bericht des Herrn Ingenieur Rauh mitgetheilt werden:

Bei den gewöhnlichen auf der Maschine G mit Rundstäben angestellten Zerreißversuchen wird, nachdem die Höchstlast ermittelt und die Dehnung beim Beginn der Einschnürung gemessen ist, der Probestab ohne weitere Messungen zum Bruch gebracht, d. h. also die nach und nach abnehmende Tragkraft des Stabes, sowie die Dehnung vom Beginn der Einschnürung bis zum Augenblick des Zerreißens nicht weiter verfolgt.

Für die hier vorliegenden Untersuchungen erschien es wünschenswerth, die Erscheinungen zwischen Höchstlast und Zerreißpunkt genauer festzustellen, denn es war vorher zu sehen, daß bei den verschiedenen Versuchswärmen sich in dieser Hinsicht sehr wesentliche Unterschiede ergeben würden.

Die rechte Seite der Maschine G (bezeichnet durch R) ist nun zum Verfolgen abnehmender Tragkräfte eines Stabes nicht recht bequem, und so wurde für diese Versuche der die linke Hälfte der Maschine bildende selbstthätige Schaulinienzeichner (bezeichnet durch L) ganz besonders werthvoll.

Der Verlauf eines Versuches war im allgemeinen folgender: Der zu prüfende Stab wurde, nachdem er in allen seinen Theilen genau gemessen war, von unten durch den Ofen geschoben und dichtete mit dem konischen Stück, das mit etwas feinem Lehm bestrichen war, den innern Ofenraum ab; mittelst Ueberwurfmutter wurden Stab und Ofen fest mit einander verbunden. Alsdann wurde das mit Stickstoff gefüllte Eisenrohr des Luftthermometers in den inneren Ofenraum gebracht, die Meßstangen des Spiegelapparates wurden angesetzt und endlich fügte man den Rührapparat sammt Deckel hinzu.

Digitized by Google

Das Einsetzen der Meßstangen in die am unteren Stabtheil befindliche Rinne mußte vom oberen Ende der Stangen aus erfolgen, da der innere Ofenraum zu eng war, um mit der Hand neben dem Stab hinabreichen zu können. War es gelungen, die keilförmigen Vorsprünge der Stangen in die Rinne zu bringen, so wurden die Stangen fest an den Stab gepreßt und eine entsprechend geformte ringartige Klammer übergeschoben, welche frei herabfallend die Stangen in dieser Lage festhielt. Mittelst eines über den Stab sammt Stangen zu schiebenden Stempels konnte diese Klammer beliebig festgestampft werden. Fiel die Klammer nicht ganz günstig herab, sodaß sie, etwas eckend, die Stangen nicht genau einander gegenüber festhielt, so wurden diese an ihrem oberen Ende vom Stabe abgezogen und seitwärts hin und her bewegt; dadurch lockerte sich die Klammer etwas und wurde alsdann durch einen kräftigen Schlag mit dem Stempel in die richtige Lage gebracht.

Die Meßstangen müssen sehr sorgfältig angebracht werden, da es sonst nicht gelingt, die Spiegelapparate in brauchbarer Weise anzusetzen. Ehe hierauf geachtet wurde, kam es mehreremal vor, daß der Stab mit Ofen wieder aus der Maschine herausgenommen und die Meßstangen neu angesetzt werden mußten, weil es nicht gelang, die Spiegel richtig anzubringen. Nachdem der Stab sammt Ofen und sonstiger Ausrüstung mittelst der Kugelschalenlager in die Maschine eingehängt war, konnten die Spiegelapparate angesetzt werden. Dies mußte so erfolgen, daß, nachdem die Schneiden zwischen Meßstangen und Stab geklemmt waren, jede Spiegelachse in der betreffenden Nuthe des kleinen Tragbockes am Maschinengestell ohne Zwang lag und dem Herausheben nach vorwärts oder rückwärts thunlichst gleichen Widerstand entgegensetzte. Die Achsen müssen mit einer gewissen Energie in ihre richtige Lage zurückgehen, und um sie noch sicherer in dieser Lage zu halten, wurden sie dicht neben dem Tragbock mit kleinen angehängten Gewichten beschwert.

Das richtige Sitzen der Spiegel wurde, nachdem sie auf die Nullablesung eingestellt waren, stets durch Herausheben aus der Nuthe und Zurückgehenlassen vorwärts und rückwärts geprüft, wonach die Ablesung völlig ungeändert bleiben mußte.

Es ist durchaus nöthig, vor dem Beginn der Spiegelbeobachtungen wenigstens 10—15 Minuten zu warten, damit Stab und Meßstangen, die beim Anfassen in der Hand doch etwas warm werden, sich wieder abkühlen und vor allem die vorhandenen Wärmeunterschiede sich ausgleichen können. Die im Verhältniß zum Stabe dünnen Meßstangen werden wärmer als der Stab, läßt man ihnen nicht vor den Beobachtungen Zeit sich abzukühlen, so geschieht es währenddem, und man erhält zu große Dehnungen oder beim Entlasten zu große bleibende Verlängerungen, denn ein Kürzerwerden dieser Stangen drückt sich durch eine scheinbare Verlängerung des Probestabes aus. Sämmtliche bei außergewöhnlichen Wärmegraden zu prüfenden Stäbe sind vor dem Hauptversuch im kalten Zustande bei Zimmerwärme auf ihr elastisches Verhalten untersucht worden. Die Stäbe wurden zu diesem Zwecke innerhalb der Proportionalitätsgrenze mehrfach be- und entlastet (höchstens bis 3,25 t), sodaß die Dehnung für 1 t sehr genau ermittelt und daraus der Elastizitätsmodul berechnet werden konnte. Nach Beendigung dieser Beobachtungen wurden die Gebläse in Betrieb gesetzt und zunächst mit schwachen Flammen der Ofen angewärmt.

Unterdessen hatte die Schmelzung des Füllmateriales für den inneren Ofenraum stattgefunden und die Füllung konnte vor sich gehen, sobald der Ofen genügend vor-

Digitized by Google

gewärmt war. Bei den Versuchen im Metallbade kam es anfänglich einigemal vor, daß das eingegossene Metall im unteren Ofentheil wieder erstarrte, weil der Ofen nicht heiß genug war. Es kostete dann ziemlich viel Zeit, das Metall wieder flüssig zu machen, da die Gebläseflammen auf die Ofenmitte gerichtet waren, sodaß in Folge dessen der untere Ofentheil sich nur schwer erwärmte.

Das Paraffin wurde in der Versuchshalle in einem Blechtopf geschmolzen und aus diesem unmittelbar mittelst Trichters von Hand aus in den Ofen gegossen. Die Füllung mit flüssigem Metall konnte wegen der größeren Hitze und wegen

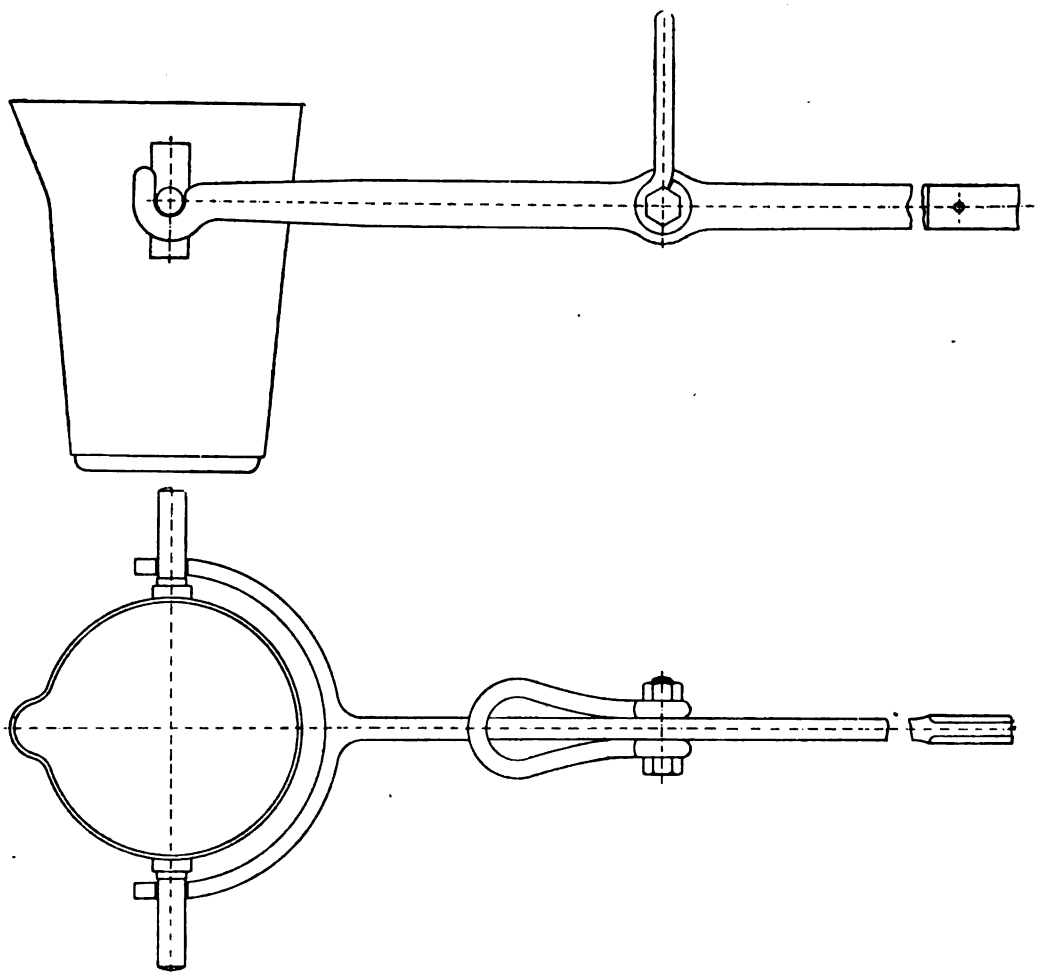


Fig. 6. Gefäß zum Einfüllen des Metallbades.

des Gewichtes nicht so einfach geschehen. Das Metall wurde in der im Keller der Anstalt befindlichen Schmiede geschmolzen, in einen mit Lehm ausgestrichenen Eimer (vergl. Fig. 6) gegossen, der mittelst zweier seitlicher Zapfen und übergeschobener Rohrenden nach der Versuchshalle getragen werden mußte. Um den gefüllten Eimer bequem heben, ferner um nach dem Bruch des Stabes den schweren und heißen Ofen leicht aus der Maschine heben zu können, war ein eiserner Bügel, in den die Zapfen des Eimers und des Ofens paßten, mit langem Griff angefertigt worden, welcher hebelartig an den

Digitized by Google

Krahn gehängt werden konnte. Ein Mann hielt den Griff des Hebels fest und den Eimer damit in der Wage, ein zweiter bediente die Zugkette des Krahnes, ein dritter kippte mittelst eines langen Stiels den Eimer langsam nach vorn über den Trichter, während der Versuchsausführende, neben dem Ofen stehend, das Einfließen in den Trichter überwachte und die nöthigen Anordnungen gab. In ähnlicher Weise wurde auch bei Herausnehmen des Ofens verfahren. Es ist dabei keinerlei Unfall vorgekommen. Zur Messung der Wärme bis 400° dienten Quecksilberthermometer, darüber hinaus wurde ein Luftthermometer verwendet. Letzteres war mit Stickstoff gefüllt und lieferte, nachdem sein eisernes Rohr einigemal tüchtig ausgeglüht war, befriedigende Ergebnisse. Bis 450° konnte es mit den Quecksilberthermometern verglichen werden; die erhaltenen Werthe wurden graphisch dargestellt und die gewonnene Kurve bis 600° fortgesetzt.

Da die Glasröhre des Luftthermometers oben geschlossen war, so bedurfte es keiner Verbesserung wegen veränderlichen Luftdruckes; aber auch der Einfluß der Luftwärme wurde unberücksichtigt gelassen, da es weniger auf die absolute Höhe der erreichten Wärmegrade ankam, als vielmehr darauf, sie während eines Versuches möglichst auf gleicher Höhe zu erhalten, sowie für gleichartige Versuche auch annähernd gleiche Grade zu verwenden.

Den Angaben des Luftthermometers entsprach eine Kurve von bestimmter Form, doch erhielt man nicht jeden Tag dieselbe Kurve, sondern vielmehr eine Kurvenschaar, die einen bestimmten Bereich überdeckte, dessen Ausdehnung aus folgender Tabelle ersichtlich wird.

Quecksilber-Thermometer C°	Luftthermometer	
	von	bis
	mm	mm
100	158	170
200	255	280
300	335	365
400	395	430
500	445	485
600	485	525

Bei den Versuchen unter 500° und 600° wurden, so lange das Bad noch das Einbringen des Quecksilberthermometers erlaubte, vergleichende Ablesungen zwischen diesem und dem Luftthermometer gemacht, um diejenige Kurve zu bestimmen, welche dem Gang des letzteren an diesem Tage am besten entsprach. Ueber alle Messungen ist Protokoll geführt worden. Hiernach wurde dann jeweils der Punkt für 500 oder 600° bestimmt; man suchte auf diese Weise die oben besprochenen Aenderungen des Luftthermometers unschädlich zu machen.

Die beiden benutzten Quecksilberthermometer sind vor den Versuchen bei 0°, 100°, 187° (Anilindampf) kontrolirt und für richtig befunden worden. Im Laufe der Versuche wurden sie öfters (mit dem Luftthermometer zusammen) in siedendes Wasser gebracht, wobei sich zeigte, daß sie den Siedepunkt nach und nach bis zu 11° zu hoch zeigten. Obwohl nun die Angaben der Thermometer entsprechend verbessert wurden, können die gemessenen Wärmegrade dennoch nicht als die wirklich im Bade herrschenden betrachtet

Digitized by Google

werden. Einmal weil ein Theil des Quecksilberfadens sich nicht mit im Bade befand, vielmehr die Kugel des Thermometers nur bis in die Gegend des oberen Endes der Versuchslänge des Probestabes reichte, und schließlich, weil die Zuverlässigkeit der Angaben über 200° überhaupt nicht hatte geprüft werden können. Die hierin begründeten Unsicherheiten übertrugen sich natürlich auch auf das Luftthermometer. Weil aber die Versuche immer in gleicher Weise mit gleichen Apparaten angestellt wurden, sind sie doch mit einander vergleichbar und man begnügte sich hiermit, weil die Zurückführung der Wärmemessungen auf wahre Wärme doch sehr erhebliche Schwierigkeiten gemacht haben würde und man abwarten wollte, ob die Versuche den Nachweis der Nothwendigkeit einer größeren Genauigkeit ergeben würden.

Es war bis auf geringe Schwankungen verhältnißmäßig leicht (1 bis 10° je nach der Höhe der Versuchswärme), die Wärme auf gleicher Höhe zu erhalten; dies gelang immer so lange der Wasserleitungsdruck derselbe blieb. Aenderungen im Druck hatten sehr starken Einfluß auf die Gebläseflammen und damit auf die Wärme des Bades. Leider war aber der Wasserdruck sehr veränderlich, insbesondere häufig so schwach, daß 600° nur knapp und erst nach mehrstündigem Erhitzen erreicht werden konnten, weil hierzu die Gebläse mit voller Kraft laufen mußten. Dies verursachte erheblichen Zeitverlust und hatte auch noch den Uebelstand zur Folge, daß die vorgeschriebene Dehnungsgeschwindigkeit beim Fließen des Stabes nur sehr schwierig inne zu halten war.

Das Eintreten des Beharrungszustandes, was zwei und mehr Stunden dauerte, wurde daran erkannt, daß

1. der Zeiger der Wage im Einspielen blieb,
2. die Spiegel zur Ruhe kamen.

Ersteres hängt davon ab, daß der Stab sich nicht mehr verlängert und die außerhalb des Bades befindlichen Stabtheile soviel Wärme abgeben, als ihnen durch Leitung zugeführt wird, letzteres davon, daß zwischen Stab und Meßstangen keine Wärmeunterschiede mehr bestehen.

Die Unveränderlichkeit der Spiegelablesungen während des eigentlichen Versuchs konnte bei den Paraffinversuchen (100 und 200°) fast vollkommen und zwar durch vorsichtiges Umrühren des Bades herbeigeführt werden.

Der Rührer bestand aus einem ringartigen Stück Flacheisen. das mittelst einer Stange mit seitlich abgebogenem Griff auf und nieder zu bewegen war. Es konnte jedoch hiermit nur der allerunterste Theil des Bades auf etwa 8—10 cm Höhe bestrichen werden und es dürfte sich empfehlen, bei Fortsetzung der Versuche einen besseren Rührer, etwa in Form einer steil ansteigenden Drahtspirale zu verwenden, mit dem der ganze Inhalt des Bades umgerührt werden kann.

Bei den Versuchen im Metallbad traten fast beständig sehr starke Schwankungen der Maßstabbilder auf, sodaß die Ablesungen häufig nur auf 15—20, ja sogar manchmal nur auf 30 Zehntausendstel Millimeter genau erhalten werden konnten. Es ist nicht gelungen, diese Schwankungen zu beseitigen oder mit Sicherheit ihren Grund aufzudecken. Nicht unwahrscheinlich ist es, daß kältere Luftströmungen auf die aus dem Bade ragenden Stabtheile und Meßstangenenden eingewirkt und so beständig geringe Längenänderungen innerhalb der Meßlänge, namentlich aber in den Meßstangen verursacht haben. Letztere ragen aus dem Ofeninnern etwa 50 mm heraus und sind mit diesem Stück also geringen

Digitized by Google

Schwankungen in der Abkühlung ausgesetzt, selbst wenn eine solche nur 5° beträgt und sich nur auf 20 mm Länge erstreckt, so beträgt die Verkürzung einer Meßstange

$$0{,}00001235 \cdot 20 \cdot 5 = 0{,}001235 \text{ mm},$$

wenn 0,00001235 der Ausdehnungscoeffizient des Metalles ist. Bei beiden Stangen zusammen würden sich also 0,00247 mm ergeben, d. i. nahezu der Betrag der größten bemerkten Schwankung. Es wurden nun zwar die Enden der Meßstangen mittelst kleiner Blechstreifen gegen Zugluft geschützt, doch ohne besonderen Erfolg. Vielleicht war die Sicherung nicht genügend, vielleicht trat auch Luft durch die Füllöffnung in das Ofeninnere. Jedenfalls wird es angezeigt sein, bei etwaigen weiteren Versuchen das Herantreten kühlerer Luftschichten an die hocherhitzten Meßstangen mit der allergrößten Sorgfalt zu verhindern. Es müßte dann freilich auch gleichzeitig versucht werden, Wärmeschwankungen im Bade selbst nach Möglichkeit auszuschließen. Dies dürfte vielleicht nur dann vollkommen zu erreichen sein, wenn man den Ofen mit reinem Metall füllt, indem bei Legierungen, noch dazu wenn sie nicht in ganz bestimmten Verhältnissen hergestellt sind, leicht chemische Vorgänge auftreten können, die bekanntlich stets mit Aenderungen des Wärmezustandes verbunden sind.

Das Umrühren des Metallbades während der Spiegelbeobachtungen ergab so starke Bewegungen der Skalenbilder, daß es ganz unterlassen werden mußte.[1])

Es ist auch unzweifelhaft, daß die Wärme im oberen Theil des Bades merklich höher gewesen ist als im unteren, da die beiden Gebläseflammen etwa 10 cm über dem Boden des Ofens sich befanden.

Im allgemeinen sind die Spiegelapparate bis zum Eintreten des Fließens am Stabe belassen worden, sodaß aus den Beobachtungen der Elastizitätsmodul, die Proportionalitäts- und die Streckgrenze entnommen werden konnten.

Darnach wurde der Stab entlastet, die Spiegel entfernt und nunmehr der Versuch unter Benutzung des selbstthätigen Schaulinienzeichners wiederholt und der Stab zum Bruch gebracht.

Zu Anfang und Ende des Versuches wurde der Kolbenstand notirt, um den Gesammtweg des Kolbens, d. i. die Ausdehnung des Stabes zwischen den Köpfen, zu erhalten. Außerdem fanden in der Zwischenzeit Kolbenstandablesungen und gleichzeitiges Anmerken dieser Zeitpunkte im Schaubilde statt, um die Uebersetzung von Kolbenbewegung auf Umdrehung der Zeichentrommel sowie die Dehnungsgeschwindigkeit zu prüfen.

Nach erfolgtem Bruch wurde der Ofen mittelst des oben erwähnten im Krahn hängenden Hebels aus der Maschine gehoben, indem man ihn von der oberen in der Maschine hängen bleibenden Stabhälfte abzog und hierauf Deckel, Eisenrohr des Luftthermometers und Meßstangen entfernte. Der Ofen selbst wurde dann mittelst über die seitlichen Griffe geschobener Rohrenden weggetragen und das Bad ausgegossen, das Paraffin wieder in den Blechtopf, das Metall in einfache Sandformen.

Die Versuche bei — 20° sind in ähnlicher Weise angestellt worden. Bei den ersten Versuchen war der Stab mit einer Salzlösung umgeben, deren Gefrierpunkt genau bei

[1]) Es wäre wohl richtig gewesen, das Umrühren trotzdem längere Zeit fortzusetzen, da die Spiegel vielleicht doch schließlich zur Ruhe gekommen sein würden. Doch ist dies leider nicht versucht worden; bei etwa noch anzustellenden Kontrolversuchen soll indessen diese Frage entschieden werden.

Digitized by Google

— 20° C. lag. Wenn die äußere Mischung zunächst zu kalt war, so sollte die innere Lösung anfangen, Krystalle auszuscheiden, und wenn gegen Ende des Versuches die Wärme außen stieg, so sollten sich die vorher gebildeten Krystalle wieder auflösen; in beiden Fällen blieb dann die Wärme beständig.

Die Mischung im Kühltopf, welcher 17 l faßte, bestand aus 3 Gewichtstheilen Eis, 1 Gewichtstheil Viehsalz; abgewogen wurden die Mengen nur beim ersten Versuch, später nur abgeschätzt.

Das Schmelzwasser wurde abgelassen; es führte natürlich einen großen Theil des Salzes aufgelöst mit fort, weshalb bei den weiteren Versuchen der Salzgehalt der Mischung nach oben zu gesteigert wurde. Infolge der Schmelzung mußte auch zweimal eine Nachfüllung erfolgen, die jedesmal 2 l betrug und ganz besonders salzreich gehalten wurde.

Es gelang auf diese Weise, die Wärme im Außenraum des Kühltopfes während des ganzen Versuches, der vom Füllen an gerechnet höchstens 4 Stunden dauerte, auf — 20 bis — 21° C. zu halten. Jedoch war es nicht möglich, die im inneren Kühlraum befindliche Salzlösung (bei zwei andern Versuchen war eine Mischung von 1 Wasser, 1 Spiritus benutzt worden) auf — 20° zu bringen; man erreichte im günstigsten Falle — 17°. Aus diesem Grunde wurde schließlich auch der innere Raum mit der Kältemischung gefüllt, was sich gut bewährt hat. Das Schmelzwasser sammelte sich im unteren Theil des Topfes, Messungen an verschiedenen Stellen des Innenraumes ergaben stets Wärmen zwischen — 20 und — 21°. Spiegelbeobachtungen und Aufnahme der Schaulinien fanden statt wie bei den anderen Versuchsstäben.

Die Zeit, während welcher der Stab sich selbst überlassen war, um die Versuchswärme anzunehmen, wurde zur Prüfung des Schaulinienzeichners benutzt. Seine Ordinatenwerthe unterliegen gewissen Schwankungen, die im wesentlichen in Wärmeeinflüssen auf die Dose begründet sind. Es ist daher nöthig, bevor eine Schaulinie genommen wird, den Ordinatenwerth kurz vor dem Versuch festzustellen. Dies geschieht dadurch, daß zunächst eine Nulllinie ermittelt und dann eine der vorhandenen Belastungsscheiben auf die Dose gesetzt und die neue entsprechende Linie verzeichnet wird. Man erhält also durch auf einanderfolgendes Aufsetzen der vorhandenen 4 Scheiben eine stufenartig gebrochene Linie. Eine solche Scheibe gleicht einer Stabbelastung von 12,6 t; die Stufenhöhe betrug bei den allerersten Versuchen etwa 60 mm, dann wurde am Apparat einiges geändert, wodurch sich die Stufenhöhe auf etwa 40 mm erniedrigte; sie ist im Verlauf der Versuche allmählich kleiner geworden und ging beim letzten Versuch bis auf 32 mm herab.

Tabelle 3 giebt über die Veränderlichkeit des Apparates Aufschluß.

Im Gegensatz zu der sonst üblichen Anordnung wurde die Schaulinie von rechts nach links verzeichnet. Der Apparat hat sich recht gut bewährt und während des eigentlichen Versuchs nicht ein einziges Mal versagt.

Bis zum Eintreten des Fließens war das Ventil nur sehr wenig geöffnet, damit der Apparat Zeit hatte, der schnell wachsenden Stabspannung zu folgen. Später fand die Dehnung mit 1 Prozent in der Minute statt. Die Gestalt der Schaulinie unmittelbar nach dem Beginn des Fließens hängt wesentlich davon ab, ob das Ventil sofort und um wieviel es geöffnet wird, ist also mehr oder weniger von der Aufmerksamkeit und Willkür des Beobachters abhängig. Meist war die Dehnungsgeschwin-

Digitized by Google

digkeit zunächst etwas zu gering und wurde erst nach ein bis zwei Minuten genau eingestellt.

Fast bei allen Schaulinien zeigen sich ein Stück hinter dem S-Punkt (Streck- oder Fließgrenze) ein oder zwei Stellen, wo ein Absinken und Wiederanheben des Zeichenstiftes stattgefunden hat;[1]) es ist also an diesen Stellen eine nach unten gerichtete Zacke beschrieben worden. Dies tritt ein, wenn die Belastung soweit gestiegen ist, daß die Stabtheile von 24 mm Durchmesser gleichzeitig oder nacheinander zum Fließen kommen. Der 28 mm dicke Stabtheil selbst ist bei manchen Stäben zum Fließen gekommen, doch hat dies nur in sehr geringem Maße stattgefunden, wie die Ausmessungen nach dem Bruch ergeben haben (vergl. Tab. 4). Stärker geflossen sind nach Ausweis der Tabelle die 24 mm dicken Stabtheile.

Immerhin sind die Dehnungen außerhalb der Versuchslänge gering geblieben; sie betragen für den ganzen Stab bis zu 8 mm.

Es wäre für die Berechnung und die Beurtheilung mancher Versuchserscheinungen allerdings günstiger gewesen, wenn die außerhalb der Versuchslänge liegenden Stabtheile überhaupt nicht zum Fließen gekommen, sondern nur innerhalb der P-Grenze beansprucht worden wären. Indessen, da das Versuchsmaterial einmal geliefert war, war es nicht mehr möglich, eine solche Form zu wählen, daß das Fließen dieser Theile vermieden war; bei neuen Versuchen wird man dem unschwer Rechnung tragen können.

Viele Schaulinien, namentlich die für 100 und 200°, jedoch auch solche bei anderen Wärmegraden zeigen vielfache Zacken. Diese dürfen nicht ohne weiteres auf Mängel des Apparates geschoben werden. Es müssen vielmehr zwei Arten von Zacken unterschieden werden.

Diejenigen, an welchen der Apparat zumeist wohl in Folge von Unvollkommenheiten des Dosenkontaktes selbst Schuld trägt, haben nebengezeichnete Form Fig. 7; der Stift wird angehoben und sinkt dann wieder, ohne an der Spitze der Zacken eine wenn auch kurze Linie zu beschreiben; die Zacken sind also scharf zugespitzt und fast ausnahmslos nach oben gerichtet.

Fig. 7.

Die andern Zacken jedoch treten sowohl nach oben als nach unten gerichtet auf und haben stumpfe Spitzen Fig. 8, weil auch in den Spitzen der Apparat gearbeitet, der Stift also eine kurze Linie beschrieben hat. Diese Zacken haben ihren Grund in schnell auf einander folgenden Schwankungen der Tragkraft des Stabes, denen der Apparat allerdings nicht schnell genug folgen kann, aber die er doch wenigstens andeutet.

Fig. 8.

Diese Schwankungen können auch auf der rechten Seite der Maschine beobachtet werden und zeigen sich da in schnellem Ansteigen des Zeigers der Wage und darauf folgendem plötzlichen Herabfallen desselben, welcher Vorgang sich vielfach wiederholt. Bei manchen Stäben war er mit einem dumpfen Dröhnen im Stabe verbunden.

Die Schwankungen können ihre Begründung in verschiedenen Umständen finden.

Enthält der Stab Härteadern, so kommen die Adern absatzweise zum Bruch, wie es an solchen Adern, die in der Staboberfläche liegen, häufig unmittelbar beobachtet werden kann. Jeder Bruch der Ader wird sich bei hinlänglich empfindlichem Wagesystem

[1]) Vergl. Tab. VIII; bezeichnet mit a und b.

Digitized by Google

fühlbar machen. Das hier in Frage stehende Material hat Härteadern allerdings nur in außerordentlich geringem Maße gezeigt. Auch in ungleichmäßigem Vorgange der Fließbewegungen kann das wechselnde Fallen und Steigen des Wagezeigers begründet sein. Im vorliegenden Falle ist aber namentlich bei den stark erwärmten Stäben das ruckweise Vorgehen des Zeichenstiftes zweifellos in der Ungleichmäßigkeit des Pumpwerkes zu suchen, welche leider nicht beseitigt werden konnte. Wenn der Druck in der städtischen Wasserleitung stark schwankend war, war es oft nicht möglich, Geschwindigkeitsschwankungen von mehr als 1 % Dehnung des Probestabes in der Minute zu vermeiden. Diese Schwankungen haben aber bei weichen Materialien schon ziemlich bedeutende Aenderungen der Kraftordinaten im Gefolge.

C. Berechnung der Versuchsergebnisse.

Für die Ausführung der Berechnungen sind folgende Bezeichnungen gewählt worden:

d = Durchmesser eines Rundstabes,
F = Stabquerschnitt,
F_z = Stabquerschnitt nach dem Bruch,
L, l = Länge eines Stabes,
P = Belastung an der Proportionalitätsgrenze (P-Grenze),
S = Belastung an der Streckgrenze (S-Grenze),
B = Höchstlast vor dem Bruch, Bruchlast, Traggrenze,
Z = Zerreißungskraft,
σ = Spannung, Belastung pro Flächeneinheit,
δ = Dehnung in Prozenten,
σ erhält die Indices P, S, B, Z, je nachdem die Spannung unter der Wirkung einer dieser Kräfte bezeichnet werden soll,
δ erhält in gleicher Weise die Indices P, S, B, Z.
δ_{50} = Dehnung in Prozenten auf 100 mm, gemessen nach dem Bruch auf je 50 mm zu beiden Seiten der Bruchstelle,
δ_{100} = Desgl. auf 200 mm, gemessen auf je 100 mm zu beiden Seiten der Bruchstelle,
q = Querschnittsverminderung in Prozenten,
E = Elastizitäts-Modul,
v = Verlängerung oder Verkürzung eines Stabes,
ΔQ = Laststufe (gewöhnlich = 1 t),
Δv = Zugehörige Längenänderung,
$\Delta \delta$ = Zugehörige Längenänderung in Prozenten.

Bei Antrag 809 beträgt die Meßlänge für die Spiegelbeobachtungen 420 mm; sie umfaßt nicht bloß die eigentliche Versuchslänge von 20 mm Durchmesser, sondern auch noch Stücke der beiden anstoßenden Stabtheile von 28 mm Durchmesser. Es ist daher nöthig, die Größen, welche sich auf diese innerhalb der Meßlänge liegenden Stabtheile von 28 mm Durchmesser beziehen, von den sich auf die eigentliche Versuchslänge beziehenden zu unterscheiden; dies soll durch einen Strich (') geschehen, also hat man noch die Größen

$$F' \; l' \; \sigma' \; v' \; \delta',$$

Digitized by Google

wobei $l' = 420 - l$, wenn l die eigentliche Versuchslänge ist. Die Verlängerung der ganzen Meßlänge von 420 mm soll mit V bezeichnet werden, sodaß

$$v + v' = V$$

ist, worin also v sich auf die Länge l, v' auf die Länge l' bezieht.

Demnach treten noch auf

ΔV = Verlängerung für die Laststufe (1 t),

V_P = Verlängerung an der P-Grenze,

V_S = Verlängerung an der S-Grenze.

Wirkt auf einen Versuchsstab oben gezeichneter Form eine Last Q, welche die Dehnungen v und v' hervorbringt, so sind diese Werthe bekanntlich

$$v = \frac{Q\,l}{F\,E} \text{ und } v' = \frac{Q\,l'}{F'\,E},$$

mithin verhalten sich diese Dehnungen:

$$v : v' = \frac{l}{F} : \frac{l'}{F'},$$

und hieraus folgt nach einem Satz der Proportionslehre

$$v : v' : (v + v') = \frac{l}{F} : \frac{l'}{F'} : \left(\frac{l}{F} + \frac{l'}{F'}\right)$$

oder

$$v : v' : V = \frac{l}{F} : \frac{l'}{F'} : \left(\frac{l}{F} + \frac{l'}{F'}\right) \quad \ldots\ldots\ldots 1)$$

Für die Verlängerung der eigentlichen Versuchslänge ergiebt sich daher

$$v = V \frac{\frac{l}{F}}{\frac{l}{F} + \frac{l'}{F'}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 2)$$

in welcher Formel V aus dem Protokoll der Spiegelbeobachtungen entnommen wird, während die Quotienten $\frac{l}{F}$ und $\frac{l'}{F'}$ Konstanten sind, die nur von der geometrischen Gestalt des Versuchsstabes abhängen.

Aus den Spiegelbeobachtungen wird zunächst entnommen ΔV für die gewöhnliche Zimmerwärme und daraus berechnet

$$E,\ \Delta v \text{ und } \Delta \delta.$$

Aus den Beobachtungen bei Versuchswärme ergeben sich die Werthe ΔV, P, S, V_P und V_S, falls die Spiegelbeobachtungen bis zum Eintreten des Fließens fortgesetzt worden sind.

Daraus wird berechnet

$$E,\ \Delta v \text{ und } \Delta \delta, \text{ sodann } \sigma_P \text{ und } \sigma_S \text{ und schließlich } \delta_P \text{ und } \delta_S.$$

Aus dem Schaubilde ergeben sich die Größen S, B und Z nebst den zugehörigen Dehnungen, sodaß hieraus die Spannungen $\sigma_S, \sigma_B, \sigma_Z$ und die prozentualen Dehnungen $\delta_S, \delta_B, \delta_Z$ ermittelt werden können; doch ist dabei zu berücksichtigen, daß die Abscissen im Schaubilde der Gesammtdehnung des Stabes zwischen den Köpfen entsprechen und außerdem noch um 50 % vergrößert sind.

Digitized by Google

Endlich wurden nach dem Bruch gemessen die Dehnungen δ_{80} und δ_{100}, die Querschnittsverminderung q und schließlich die bleibenden Verlängerungen sämmtlicher einzelner Stabtheile.

Der Elastizitäts-Modul wird berechnet aus der mittleren Dehnung für die Laststufen von 1 t = 1000 kg innerhalb der P-Grenze nach der bekannten Formel

$$E = \frac{1000 \cdot l}{F \cdot \Delta v} \frac{kg}{qmm}$$

Zur Bestimmung der mittleren Dehnungen ΔV und Δv sind meist sämmtliche Beobachtungen innerhalb der S-Grenze benutzt worden, also auch die aus den Entlastungen gewonnenen Werthe.

Für eine Belastung Q = 1 t ist

$$\Delta V = \Delta v + \Delta v' = \frac{1000 \cdot l}{F E} + \frac{1000\, l'}{F' E}$$

und somit für den Elastizitätsmodul

$$E = \frac{1000}{\Delta V}\left(\frac{l}{F} + \frac{l'}{F'}\right) \frac{kg}{qmm} \quad \ldots\ldots\ldots 3)$$

wonach er unmittelbar aus ΔV und den Konstanten des Stabes zu berechnen ist.

Die Dehnung der Versuchslänge für die Laststufe Q = 1 t ist [nach Gl. 2)]

$$\Delta v = \Delta V \frac{\frac{l}{F}}{\frac{l}{F} + \frac{l'}{F'}} \text{ mm} \quad \ldots\ldots\ldots 4a)$$

oder in Prozenten

$$\Delta \delta = \Delta V \frac{\frac{l}{F}}{\frac{l}{F} + \frac{l'}{F'}} \cdot \frac{100}{l} \% \quad \ldots\ldots\ldots 4b)$$

Für die Dehnungen an der P-Grenze ergiebt sich nach Formel 2)

$$v_P = V_P \frac{\frac{l}{F}}{\frac{l}{F} + \frac{l'}{F'}} \text{ mm} \quad \ldots\ldots\ldots 5a)$$

und demnach

$$\delta_P = V_P \frac{\frac{l}{F}}{\frac{l}{F} + \frac{l'}{F'}} \cdot \frac{100}{l} \% \quad \ldots\ldots\ldots 5b)$$

Wenn in der Versuchslänge Fließen eintritt, verhalten sich die dicken Stabtheile noch proportional; es gilt demnach für die Dehnung an der S-Grenze

$$v_S = V_S - \frac{S\, l'}{E\, F'} \text{ mm} \quad \ldots\ldots\ldots 6a)$$

und

$$\delta_S = v_S \frac{100}{l} \% \quad \ldots\ldots\ldots 6b)$$

Digitized by Google

Hiermit sind die aus den Spiegelbeobachtungen zu berechnenden Größen erschöpft.

Aus dem Schaubilde werden ohne Weiteres die Belastungswerthe S, B und Z als Ordinaten entnommen (siehe Fig. 9).

Die zu den Werthen S, B und Z gehörigen Abscissen m_S, m_B und m_Z sind nicht unmittelbar die entsprechenden Dehnungen der Versuchslänge, da bekanntlich die Gesammt-Bewegung des Kolbens zur Umdrehung der Zeichentrommel benutzt wurde, weil die eigentliche Versuchslänge nicht zugänglich war; dabei entsprach 1 mm Kolbenweg 1,5 mm Umfangsweg der Trommel. Somit geben die Abscissen des Schaubildes die $^3/_2$fachen Dehnungen des ganzen Stabes zwischen den Köpfen.

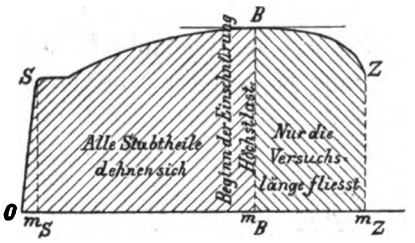


Fig. 9.

Die Dehnungen der Versuchslänge für die Belastungen S, B und Z ergeben sich nun mit Rücksicht auf die Bezeichnungen in Fig. 2 in folgender Weise.

Man hat zunächst für die S-Grenze, bei welcher nur die Versuchslänge l zum Strecken gekommen ist, während die anderen Stabtheile sich proportional verhalten haben:

$$v_S = {}^2/_3\, m_S - \frac{S}{E}\left(\frac{l_a}{F_a} + \frac{l_b}{F_b} + \frac{l_c}{F_c} + \frac{l_d}{F_d}\right)$$

oder kürzer geschrieben:

$$v_S = {}^2/_3\, m_S - \frac{S}{E} \Sigma \frac{l}{F} \text{ in mm} \quad \ldots\ldots\ldots 7a)$$

und demnach:

$$\delta_S = v_S \frac{100}{l} \text{ oder}$$

$$\delta_S = \left({}^2/_3\, m_S - \frac{S}{E} \Sigma \frac{l}{F}\right) \frac{100}{l} \text{ in } \% \quad \ldots\ldots\ldots 7b)$$

Der weitere Vorgang beim Versuch ist nun folgender. In dem Bereich zwischen der Streckgrenze S und der Höchstlast B kommen bei allen Stäben die 24 mm dicken Theile zum Fließen. Zuweilen findet das Fließen während dieser Zeit auch in dem 28 mm dicken Theil statt, hört hier aber selbstverständlich bald nach dem Erreichen der Höchstlast auf, weil alsdann der Stab in der Versuchslänge örtlich einzuschnüren beginnt. Das Fließen wird nun in den übrigen Stabtheilen schwächer und hört namentlich auch in den 24 mm dicken Theilen bald auf, um sich zuletzt ganz auf die Einschnürungsstelle zu beschränken. Der Einfachheit wegen ist daher die gegenüber der Unsicherheit, mit welcher die zu den Ordinaten B gehörigen Abscissen behaftet sind, gewiß zulässige Annahme gemacht, daß die dicken Theile überhaupt nur bis zur Höchstlast B mitfließen und die in diesem Augenblicke erlangte bleibende Verlängerung bis zum Bruche beibehalten. Alsdann kann die zur Last B gehörige Dehnung der Stabtheile außerhalb der Versuchslänge gleichgesetzt werden einem elastischen Theile, der berechenbar ist, und einem bleibenden Theile, der nach dem Bruche gemessen werden kann.

Digitized by Google

Demnach ist angenähert für die Dehnung unter der Höchstlast B:

$$v_B = {}^2/_3\, m_B - \left[\left(\begin{matrix}\text{Summe der bleibenden Dehnungen}\\ \text{aller Stabtheile außerhalb der Ver-}\\ \text{suchslänge}\end{matrix}\right) + \left(\begin{matrix}\text{Summe der elastischen}\\ \text{Dehnungen der}\\ \text{gleichen Stabtheile}\end{matrix}\right)\right]$$

oder in Zeichen.

$$v_B = {}^2/_3\, m_B - (\Delta l_a + \Delta l_b + \Delta l_c + \Delta l_d) - \frac{B}{E}\left(\frac{l_a}{F_a} + \frac{l_b}{F_b} + \frac{l_c}{F_c} + \frac{l_d}{F_d}\right)$$

$$v_B = {}^2/_3\, m_B - \Sigma \Delta l - \frac{B}{E} \Sigma \frac{l}{F} \text{ in mm und } \delta_B = v_B \cdot \frac{100}{l} \quad \ldots \quad 8a)$$

$$\text{oder } \delta_B = \left({}^2/_3\, m_B - \Sigma \Delta l - \frac{B}{E} \Sigma \frac{l}{F}\right) \frac{100}{l} \text{ in } {}^0/_0 \quad \ldots \quad 8b)$$

Aus der Annahme, daß zwischen B und Z nur die Versuchslänge fließt, folgt für die Dehnung unter der Zerreißungskraft Z:

$$v_Z = v_B + {}^2/_3\,(m_Z - m_B) - \frac{Z}{E} \Sigma \frac{l}{F} \text{ in mm und } \quad \ldots \quad 9a)$$

$$\delta_Z = v_Z \frac{100}{l} \text{ oder}$$

$$\delta_Z = \delta_B + \left({}^2/_3\,(m_Z - m_B) - \frac{Z}{E} \Sigma \frac{l}{F}\right) \frac{100}{l} \text{ in } {}^0/_0 \quad \ldots \quad 9b)$$

Bemerkungen zu den entwickelten Formeln.

In den Formeln treten Quotienten von der Form $\frac{l}{F}$ auf; das sind also Konstanten, die nur von den Abmessungen des Stabes abhängen. Hätten die Stäbe alle genau gleiche Form, so wären die 6 Werthe $\frac{l_a}{F_a}$; $\frac{l_b}{F_b}$; $\frac{l_c}{F_c}$; $\frac{l_d}{F_d}$; $\frac{l}{F}$; $\frac{l'}{F'}$; worin $l' = 420 - l$ und $F' = F_c$ nur einmal zu berechnen; es treten jedoch sowohl in den Durchmessern als in den Längen Abweichungen auf, welche es nöthig machten, diese Quotienten für jeden Stab zu berechnen.

Weil aber die 4 ersten Werthe stets als Summe auftreten, F_a und F_d, ebenso wie F_b und F_c nur wenig von einander abweichen, so ist, um etwas an Rechnung zu sparen, gesetzt worden

$$\frac{l_a}{F_a} + \frac{l_d}{F_d} = \frac{l_a + l_d}{{}^1/_2\,(F_a + F_d)} = \alpha$$

$$\frac{l_b}{F_b} + \frac{l_c}{F_c} = \frac{l_b + l_c}{{}^1/_2\,(F_b + F_c)} = \beta$$

$$\text{also } \frac{l_a}{F_a} + \frac{l_d}{F_d} + \frac{l_c}{F_c} + \frac{l_d}{F_d} = \Sigma \frac{l}{F} = \alpha + \beta$$

und diese Werthe α und β sind für jeden Stab ermittelt worden.

Es ist ferner der Kürze wegen gesetzt worden:

$$\frac{l}{F} = \gamma \text{ und } \frac{l'}{F'} = \gamma'$$

Digitized by Google

Mit diesen Bezeichnungen gehen die Formeln in folgende über:

$$\left.\begin{array}{ll} \text{I.} & v : v' : V = \gamma : \gamma' : (\gamma + \gamma') \\ \text{II.} & v = V \cdot \frac{\gamma}{\gamma + \gamma'} \\ \text{III.} & E = \frac{1000}{\Delta V} \cdot (\gamma + \gamma') \\ \text{IV.} & \Delta \delta = \Delta V \cdot \frac{\gamma}{\gamma + \gamma'} \cdot \frac{100}{l} \\ \text{V.} & \delta_P = V_P \cdot \frac{\gamma}{\gamma + \gamma'} \cdot \frac{100}{l} \\ \text{VI.} & \delta_S = (V_S - \frac{S}{E} \gamma') \cdot \frac{100}{l} \end{array}\right\} \text{aus den Spiegelbeobachtungen.}$$

$$\left.\begin{array}{ll} \text{VII.} & \delta_S = \left(\frac{2}{3} m_S - \frac{S}{E} (\alpha + \beta)\right) \frac{100}{l} \\ \text{VIII.} & \delta_B = \left(\frac{2}{3} m_B - \Sigma \Delta l - \frac{B}{E} (\alpha + \beta)\right) \frac{100}{l} \\ \text{IX.} & \delta_Z = \delta_B + \left(\frac{2}{3} (m_B - m_Z) - \frac{Z}{E} (\alpha + \beta)\right) \frac{100}{l} \end{array}\right\} \text{aus dem Schaubilde.}$$

Die festgesetzten Abmessungen der Versuchsstäbe

$$l_a = 92, \quad l_b = 90, \quad l = 206, \quad l_c = 212{,}5, \quad l_d = 85 \text{ in mm}$$
$$d_a = 24, \quad d_b = 28, \quad d = 20, \quad d_c = 28, \quad d_d = 24 \text{ in mm}$$
$$F_a = 452 = F_d, \quad F = 314, \quad F_b = 616 = F_c \ldots \text{ in qmm}$$

ergeben

$$\alpha = \frac{92 + 85}{452} = 0{,}392; \quad \beta = \frac{90 + 212{,}5}{616} = 0{,}491; \quad \gamma = \frac{206}{314} = 0{,}655$$

$$\gamma' \frac{214}{616} = 0{,}347.$$

Es stellt sich somit heraus, daß für die gewählte Stabform die Summe $\gamma + \gamma'$ zufällig fast genau gleich der Einheit ist, nämlich 1,002. Bei den meisten Stäben schwankte $\gamma + \gamma'$ zwischen 0,99 und 1,01 und es ist dann behufs weiterer Vereinfachung

$$\gamma + \gamma' = 1$$

gesetzt worden, so daß die Formeln III, IV, V übergehen in

$$\text{IIIa.} \quad E = \frac{1000}{\Delta V}$$

$$\text{IVa.} \quad \Delta \delta = \Delta V \cdot \frac{100}{F}$$

$$\text{Va.} \quad \delta_P = V_P \cdot \frac{100}{F}$$

Digitized by Google

Wenn $\gamma + \gamma'$ mehr als 1 Prozent von der Einheit abwich, wurde nach den genauen Formeln gerechnet.

Von den Werthen m_S, m_B, m_Z, welche in den Formeln VII, VIII, IX vorkommen, sind nur m_S und m_Z mit Sicherheit aus dem Schaubilde zu entnehmen; die Bestimmung von m_B ist stets mit einer erheblichen Ungenauigkeit verknüpft, da sich der Höchstpunkt der Schaulinie durchaus nicht scharf ergiebt, sondern nur durch Ziehen einer Tangente annähernd festgelegt werden kann. Andererseits wird aber m_S, obwohl sich der S-Punkt der Schaulinie scharf bestimmen läßt, durchweg viel zu groß gefunden. Der Kolben muß einen größeren Weg machen als der Dehnung des Stabes zwischen den Köpfen entspricht. Dies dürfte seinen Grund in den elastischen Formänderungen des Maschinengestelles haben.

Die ohne Berücksichtigung dieser Fehlerquelle aus dem Schaubilde berechneten Werthe von δ_S sind deswegen als werthlos zu betrachten; da aber die Dehnung an der Streckgrenze an sich wenig praktische Bedeutung hat, so wurden die Dehnungen für den Punkt S des Schaubildes gar nicht bestimmt.

Mit Rücksicht auf die Unsicherheit des Werthes von m_B können in den Formeln VIII und IX die sich auf die elastische Dehnung beziehenden Glieder

$$\frac{B}{E}(\alpha + \beta) \text{ und } \frac{Z}{E}(\alpha + \beta)$$

wegen ihres geringen Einflusses auf das Endergebniß fortfallen, so daß gerechnet werden kann nach den Formeln:

$$\text{VIIIa.} \quad \delta_B = [{}^2/_3\, m_B - \Sigma(\Delta l)] \frac{100}{l},$$

$$\text{IXa.} \quad \delta_Z = \delta_B + {}^2/_3\,(m_Z - m_B) \frac{100}{l}.$$

III. Versuchsergebnisse.

Die Versuchsergebnisse sind im Anhang in den Tabellen 4 bis 6 enthalten und übersichtlich zusammengestellt. Tabelle 4 diente, wie früher schon bemerkt, zur Kontrole der Rechnungen und giebt zugleich eine Uebersicht über die Zuverlässigkeit der Bearbeitung der Probestäbe. Beim Vergleich der Mittelwerthe für die bleibenden Dehnungen erkennt man den Antheil, welchen die einzelnen Stabtheile an der Gesammtdehnung nehmen. Die größten Dehnungen der Stabtheile a, d und b, c finden durchweg bei 200° statt, also etwa da, wo die Stäbe nach Folgendem ihre größte Festigkeit entwickeln.

Die Hauptzusammenstellung der eigentlichen Versuchsergebnisse ist in Tab. 5 gegeben. Die erste Hauptspalte von Tab. 5 enthält die bei den Feinmessungen gewonnenen Versuchsergebnisse und zwar vorausgestellt den mittleren Dehnungsunterschied für 1 Tonne Belastung in Prozenten und den Elastizitätsmodul. Dann folgen die Spannungen und Dehnungen an der Proportionalitäts- und Streckgrenze. Die Prozentzahlen sind in den Spalten $\Delta\delta$ mit 10000 und in den Spalten δ_P und δ_S mit 1000 multiplizirt, um die voranstehenden Nullen zu vermeiden und leichtere Uebersichtlichkeit zu erzielen. Um die mitgetheilten Zahlen noch zu ergänzen, ohne dem Leser die

Digitized by Google

Durchsicht sehr umfangreicher Tabellen zuzumuthen, sind in Fig. 10 die bei den Feinmessungen gewonnenen Dehnungsunterschiede für die einzelnen Belastungsstufen in Schaulinien dargestellt. Diese Schaulinien gestatten zugleich ein Urtheil über den Genauigkeitsgrad und über die Frage, wie weit dem Material eine proportionale Ausdehnung überhaupt zugeschrieben werden kann. Je enger die Linien einer Gruppe bei einander liegen, desto zuverlässiger sind bei gleichen Versuchsbedingungen die Ergebnisse und namentlich die aus ihnen zu ziehenden Mittelwerthe. Die Fehler in den Abmessungen der Probestäbe dürfen nach Tab. 4 bei der summarischen Beurtheilung der Versuchsergebnisse wohl als gleichwerthig für die einzelnen Gruppen angesehen werden. Unter dieser Voraussetzung ergiebt sich, daß für alle drei Härtestufen die Versuche bei — 20 und + 20° am sichersten durchführbar gewesen sind. Bei den höheren Versuchswärmen nimmt die Sicherheit zusehends ab, wenn auch aus dem Vergleich der drei Härtestufen unter einander erkannt werden kann, daß die Sicherheit

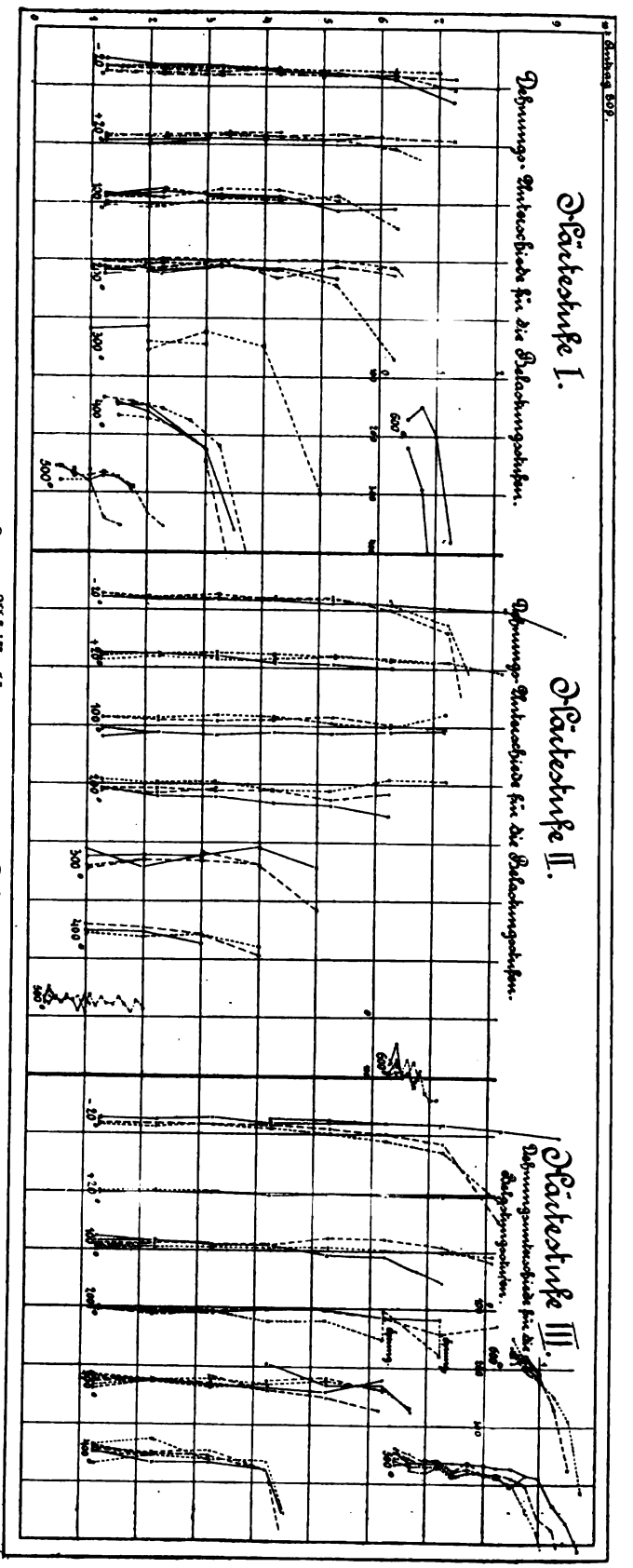


Fig. 10. 8 mm Abschiffenlänge = 0,001 mm Dehnungsunterschied.

infolge der größer werdenden Uebung und Erfahrung des Beobachters in der Handhabung der Versuche zugenommen hat. Aus der abnehmenden Länge des parallelen Verlaufes der Gruppen zur Kraftordinatenaxe erkennt man schon bei dieser Darstellungsweise leicht die Abnahme der Proportionalitätsgrenze mit steigender Wärme. Ferner bemerkt man, daß schon bei 300° es fraglich erscheint, ob man mit Recht den Probekörpern noch

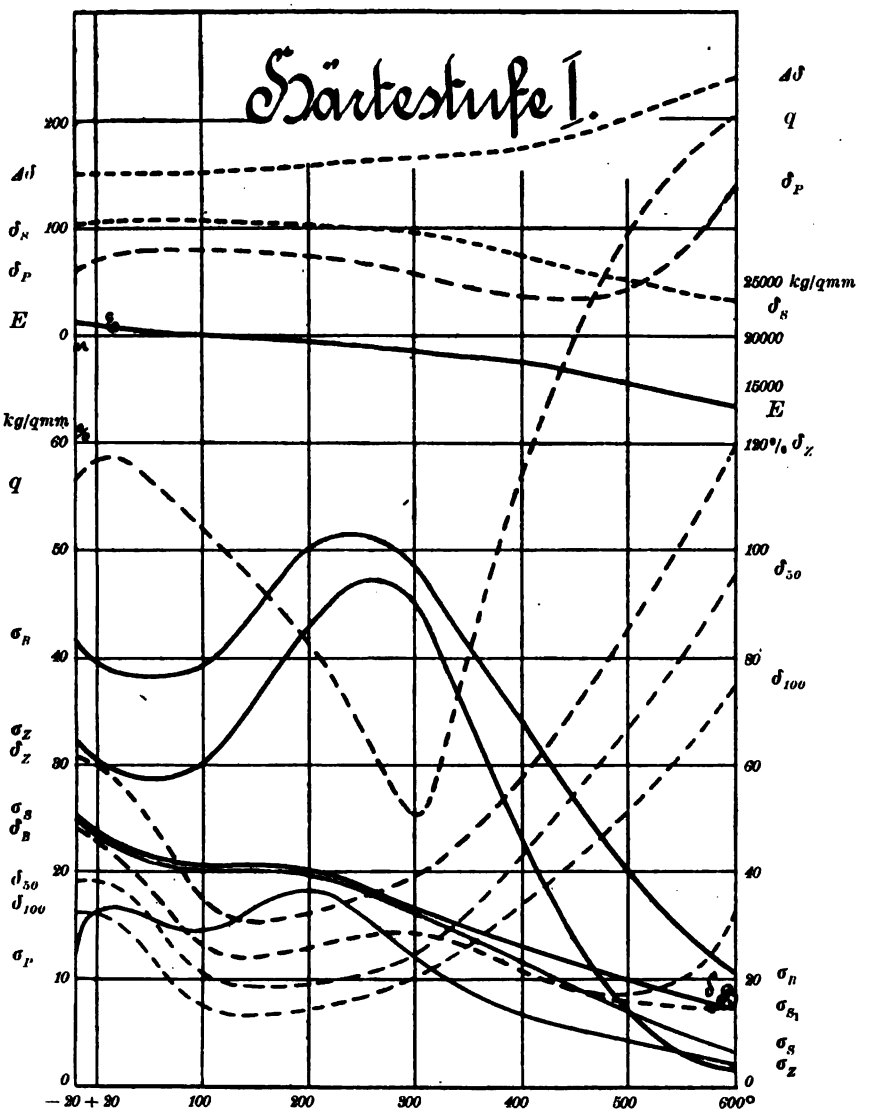


Fig. 11.

Proportionalität zuschreiben darf; von 400° an beginnt die Abweichung von der Senkrechten schon gut sichtbar zu werden; sie ist am stärksten bei Härtestufe I und am schwächsten bei Härtestufe III. Es muß hier übrigens darauf aufmerksam gemacht werden, daß in Tab. 5 die Proportionalitätsgrenze für Härtestufe I bei allen Wärmestufen angegeben ist, weil sie hier nach den Differenzenreihen des Protokolls gebildet worden ist, aus welchen der allgemeine Charakter, namentlich bei so schwierigen Ver-

Digitized by Google

suchen mit starken Schwankungen in den Spiegelablesungen nicht so leicht erkannt wird als bei der zeichnerischen Darstellung. Die Werthe sind der Vollständigkeit wegen dennoch mitgetheilt, weil durch sie das Gesammtbild nicht gestört wird. Bei den Härtestufen II und III hat der Beobachter, der wachsenden Erfahrung entsprechend, die Belastungsstufen gleichartiger gemacht und auch wohl sonst noch sicherer gearbeitet, so

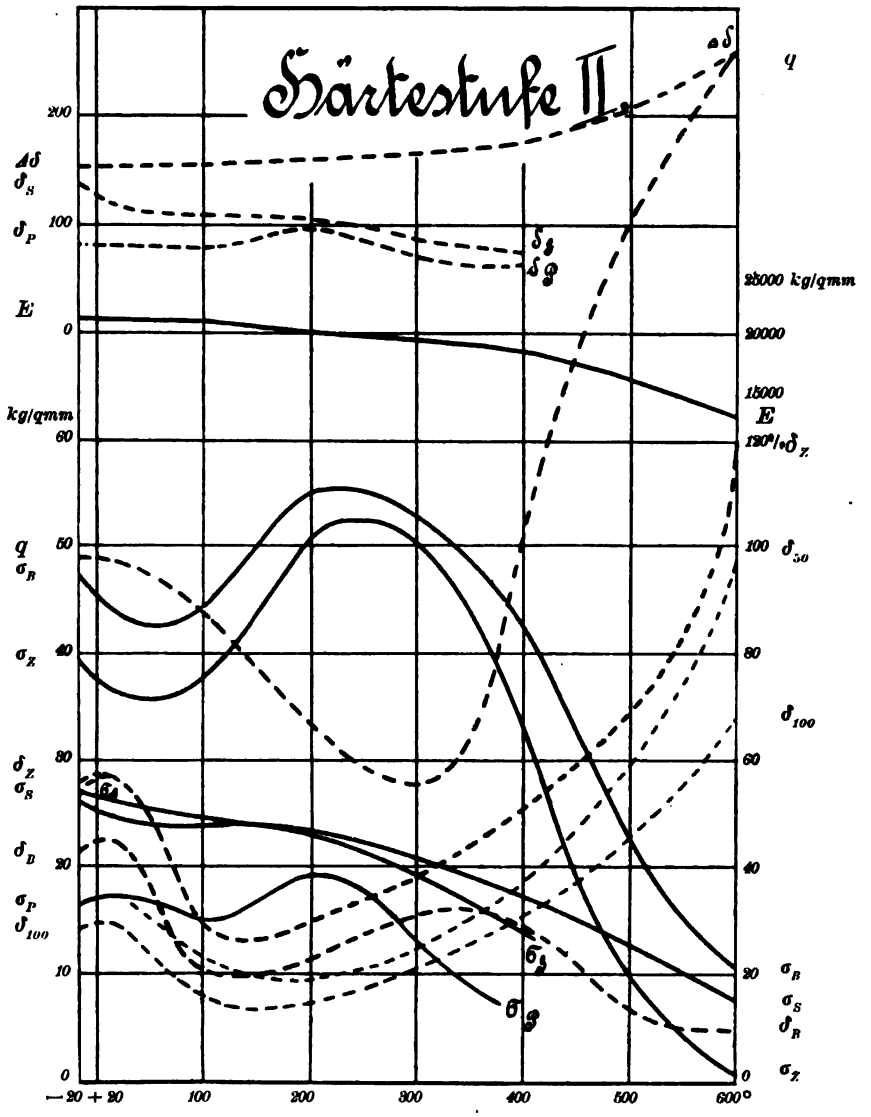


Fig. 12.

daß der Rechner das Nichtvorhandensein der Proportionalität deutlich erkannte und demgemäß keine Angaben hierüber aufzeichnete. Bezüglich der Bedeutung der runden und eckigen Klammern wolle man die Vorbemerkungen zu Tab. 5 beachten.

Die zweite Hauptspalte von Tab. 5 giebt die aus den Schaubildern abgeleiteten Versuchsergebnisse, deren Bedeutung und Berechnungsweise aus dem früher schon Gesagten erinnerlich sein wird. Zu bemerken ist nur, daß die Streckdehnung aus dem

Digitized by Google

Schaubilde nicht bestimmt wurde, weil dieser Werth durch die Feinmeßapparate bei weitem zuverlässiger gefunden wird.

Die dritte Hauptspalte giebt die durch Ausmessung nach dem Bruch gefundenen Versuchsergebnisse, während die vierte die erforderlichen Bemerkungen über die Vorkommnisse beim Versuch enthält. Die Bruch- und Oberflächenbeschreibungen sowie

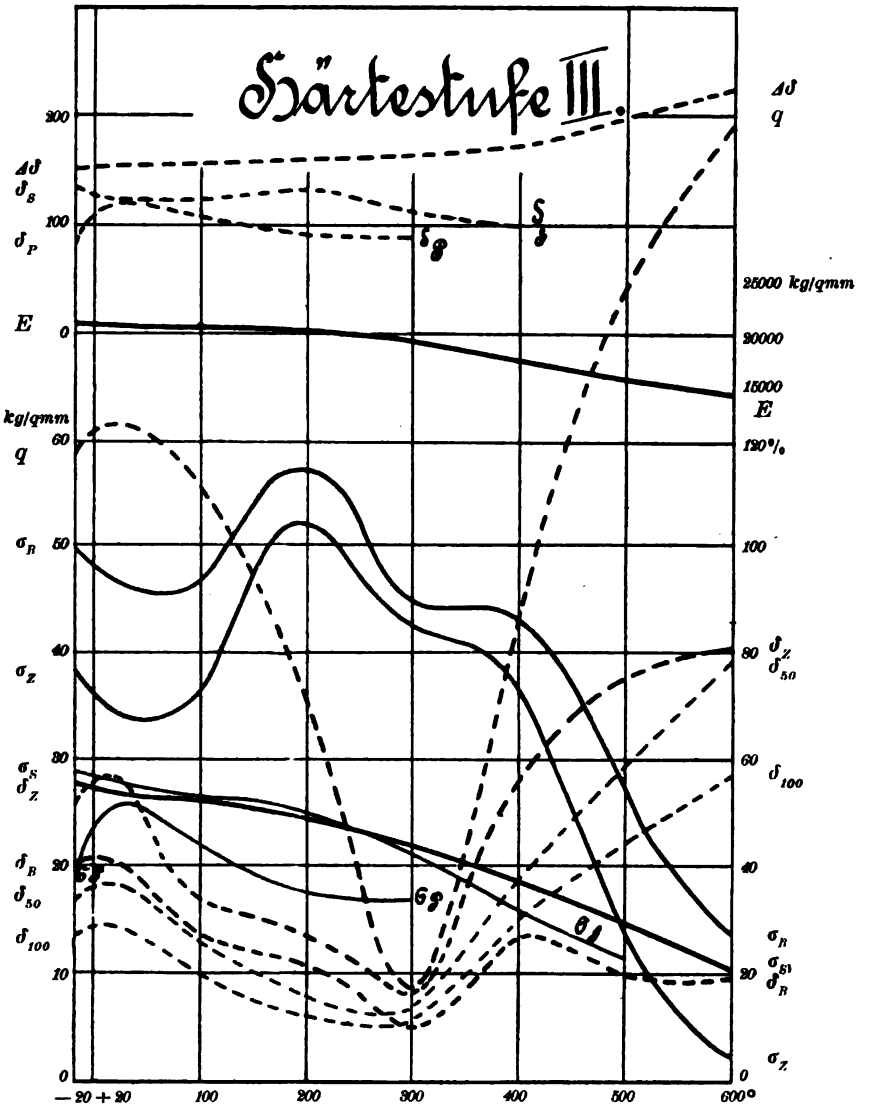


Fig. 13.

Zahlenwerthe, welche eine Kontrole über die Dehnungsaufzeichnungen des Schaubildes geben, findet man in Tab. 6.

Die Hauptversuchsergebnisse sind in jeder Gruppe durch die Mittelwerthe dargestellt und in Fig. 11, 12 und 13 verdeutlicht. Es wird ausreichend sein, nur eine allgemeine Erläuterung zu geben, da ja der ähnliche Verlauf der Linien in den drei Gruppen in Fig. 11 bis 13 den übereinstimmenden Charakter der geprüften Materialien auf den ersten Blick zeigt.

Digitized by Google

Geht man zuerst auf diejenigen Festigkeitseigenschaften ein, welchen bis jetzt in der Praxis am meisten Bedeutung beigemessen zu werden pflegt, so sind zuerst die Mittelwerthe aus der zweiten und dritten Hauptspalte der Tab. 5 zu betrachten, also die Spannungen an der Trag-, Bruch- und Streckgrenze, sowie die zugehörigen Dehnungen. Fig. 11 bis 13 lassen auf den ersten Blick erkennen, wie stets die Spannungen σ_B und σ_Z von $-20°$ bis zu etwa $+50°$ erheblich abnehmen, um dann stark zuzunehmen, bis sie bei etwa 200 bis 250° ihren größten Werth erreichen. Dieser größte Werth ist in allen drei Härtestufen ganz beträchtlich größer als derjenige für $+20°$ und zwar:

für Härtestufe	σ_B	σ_Z
I um	34%	62%
II um	27%	45%
III um	25%	50%

Einen ganz ähnlichen Verlauf zeigen die Linien für σ_Z. Vergleicht man die Linien für σ_B und σ_Z mit einander, so findet man, daß die Maxima und Minima nahezu auf gleiche Wärmegrade fallen, daß aber die beiden Werthe anfangs bis auf 300° sich einander nähern, um sich dann wieder erheblich von einander zu entfernen. Beobachtet man das gegenseitige Verhältniß von σ_Z zu σ_B (= 100), so gelangt man zu folgenden Werthen:

(Aus den Mittelwerthen von Tab. 5 berechnet.)

Härtestufe	Verhältnisse von σ_Z / σ_B für die Wärmestufen:							
	−20	+20	100	200	300	400	500	600°
I	76	75	77	86	96	66	39	12
II	85	82	85	92	96	76	43	7
III	77	74	79	91	96	84	49	16

Man findet in dieser Richtung zwischen Härtestufe I und II eine gewisse Uebereinstimmung, obwohl beide Materialien in ihrem übrigen Verhalten ersichtlich charakteristische Verschiedenheiten zeigen. Allen drei Materialien ist aber jenes Zusammenrücken von σ_B und σ_Z bei 300° in gleichem Maße eigen.

Wie aus Fig. 14 u. 15 hervorgeht, zeigen die beiden von Hörde gelieferten Materialien (Härtestufen I und II) in ihrem allgemeinen Charakter, so auch im Verlauf der Linien für σ_B und σ_Z, völlig befriedigende Uebereinstimmung. Das von Union gelieferte Material (Härtestufe III), folgt zwar im Allgemeinen demselben Gesetze für σ_B und σ_Z, weicht aber für die Wärmestufe 300° erheblich davon ab. Wenn nicht ein ähnlicher Charakter auch in Bezug auf die übrigen Eigenschaften zu Tage träte, so würde der Verdacht nahe liegen, daß hier grundsätzliche Fehler des Versuches vorliegen, obwohl solche Fehler nicht aufgefunden werden konnten und bei der guten Uebereinstimmung

Digitized by Google

(Tab. 5. III. 300°) auch nicht sehr wahrscheinlich sind. Auf die muthmaßlichen Ursachen der Erscheinung wird später noch einzugehen sein. Sieht man von dieser Abweichung ab, so kann man sagen, daß das im kalten Zustande festere Material auch im erhitzten Zustand fester geblieben ist.

Die Linienzüge für die Spannung an der Streckgrenze zeigen für alle drei Materialien ziemlich gleichen Charakter. Sie fallen fast proportional dem Grade der Erhitzung, und das Material mit im kalten Zustande höherer Streckgrenze bleibt auch im erhitzten Zustande dasjenige mit höherer Streckgrenze (vergl. Fig. 14 u. 15.)

In Bezug auf die Dehnungen für die Trag- und Bruchgrenze verhalten sich die beiden Materialien von Hörde wiederum ähnlich, während dasjenige von Union einen

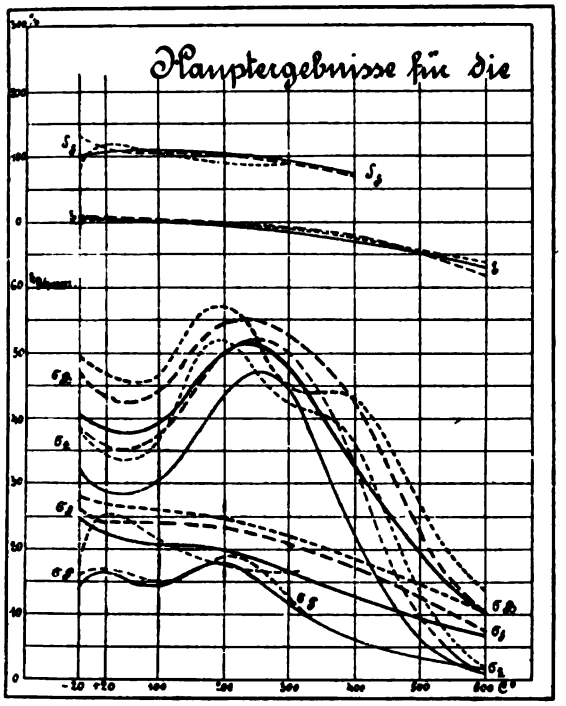


Fig. 14.

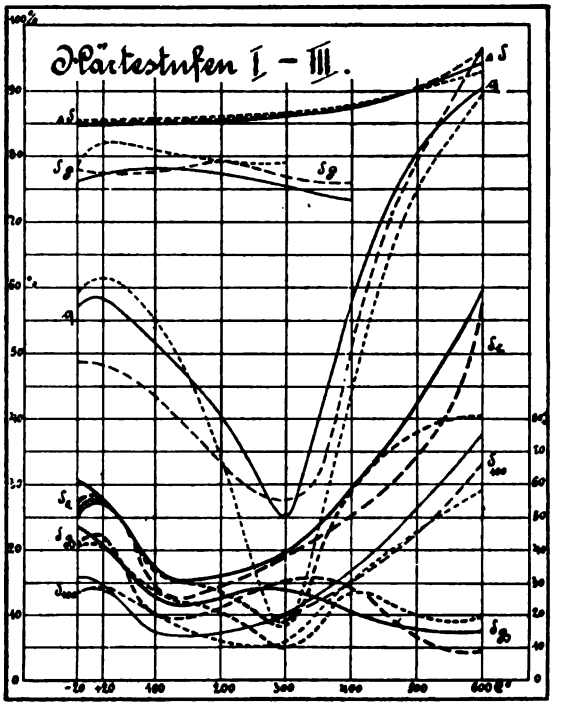


Fig. 15.

abweichenden Charakter hat und diesen abweichenden Charakter namentlich für die Wärmestufen 200 und 300° hervortreten läßt. Die Dehnung δ_B nimmt, wie es scheint, von -20 bis $+20°$ zu, um dann stark abzufallen und für das Hörder Material bei etwa 130° einen kleinsten Werth zu erreichen. Von hier ab steigen die Linien wiederum bis auf etwa 280 bis 330° und fallen dann nach unten ab. Der für die Festigkeitslinien charakteristische Punkt bei 300° ist also durch die Dehnung δ_B bei diesen beiden Härtestufen (I und II) durch eine Wiedererhöhung der Dehnbarkeit für die Traggrenze deutlich gekennzeichnet. Bei dem Material von Union (III) zeigt sich bei etwa 130° allerdings ebenfalls eine Beugung der Linie δ_B, aber der kleinste Werth fällt hier doch erst mit der Wärmestufe 300° zusammen, und die Linie steigt dann, um erst bei etwa 420° den Höhepunkt zu erreichen. Von hier aus schließt sie sich wieder den Linien für die Stufen I und II an.

Digitized by Google

Die Dehnung beim Bruch δ_Z zeigt für das Hörder Material anfänglich geringes Steigen, dann schnelles Abfallen bis zum Minimum bei 130° und darauf stetiges Ansteigen, ohne daß die Wärmestufe 300° deutlich charakterisirt ist. Das Material der Union hingegen zeigt nach anfänglichem Steigen und einer Beugung der Linie bei etwa 130° seinen kleinsten Werth bei 300° und die Linie schließt sich, nunmehr schnell steigend, denjenigen für das Hörder Material wieder an. Zu bemerken ist übrigens, daß sowohl δ_Z als auch namentlich δ_B für 600° durch das Rühren beeinflußt erscheinen; sie sind aber von der Mittelbildung trotzdem nicht ausgeschlossen worden.

Wie man aus Vorstehendem und aus Fig. 14 u. 15 erkennt, gehen die Linienzüge für δ_B und δ_Z für alle drei Materialien bis zu etwa 300° jeweils parallel zu einander und erst bei 300° trennen sie sich, um die eine Gruppe fallend, die andere steigend zu verlaufen. Dies kommt auch zum Ausdruck, wenn man die Verhältnisse δ_B zu δ_Z (=100) in nachstehender Gegenüberstellung vergleicht:

(Aus den Mittelwerthen von Tab. 5 berechnet.)

Härtestufe	Verhältniß von δ_B / δ_Z für die Wärmestufen							
	−20	+20	100	200	300	400	500	600
I	78	76	76	79	73	86	20	[28]
II	75	79	68	76	81	58	19	8
III	78	72	81	74	59	48	26	15

Ganz besonders deutlich werden die Veränderungen, welche die Festigkeitseigenschaften des untersuchten Eisens in höheren Wärmegraden erfahren, durch eine übersichtliche Zusammenstellung der Schaulinien aus den Versuchen erkennbar gemacht. Da es

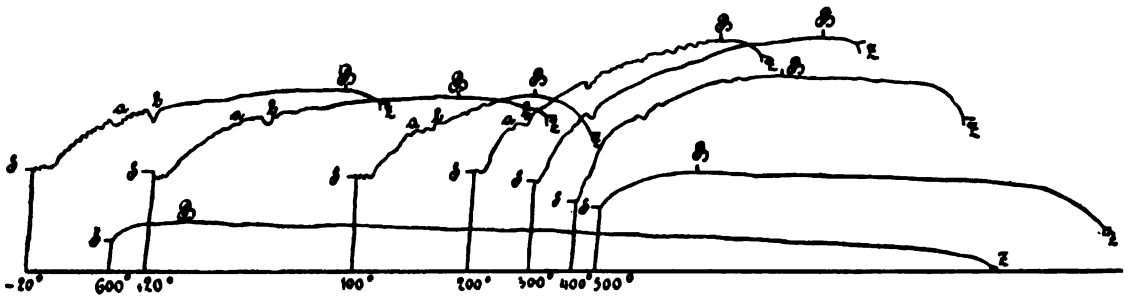


Fig. 16. Zusammenstellung von Schaulinien der Härtestufe II und der Wärmestufen — 20 bis 600°.

wegen der großen Zahl der Versuche leider nicht wohl möglich ist, alle erhaltenen Schaulinien dem Berichte beizufügen, so soll in Fig. 16 wenigstens eine der Wärmestufenfolge entsprechende Reihe zusammengestellt werden. Aus dieser Reihe erkennt man vielleicht noch deutlicher als bisher, wie sehr sich der Charakter des Eisens mit steigendem Wärmegrade verändert. Hier soll nur die allgemeine Form der Schaulinien Beachtung finden, weil die Verhältnisse der aus den Linien abgeleiteten Hauptwerthe bereits besprochen worden sind.

Digitized by Google

An der Streckgrenze (durch S bezeichnet), wird die Strecke, auf welcher die Linie mit einigen Zacken parallel zur Grundlinie läuft, mit wachsender Wärme kürzer; von 400° an verschwindet sie. Von hier ab findet ein allmählicher Uebergang zum Fließen statt, sodaß die Streckgrenze aus der Schaulinie nicht genau erkannt werden kann. Der Verlauf der Schaulinien erfährt mit wachsender Wärme eine stetig fortschreitende Veränderung, indem die Traggrenze B immer näher an den Anfangspunkt der Linie heranrückt, bis schließlich von 500° an der Hauptheil des Bildes jenseits der Traggrenze liegt. Obwohl wegen der großen Dehnbarkeit immer noch ein erhebliches Arbeitsvermögen (Flächeninhalt der Figur) im Material steckt, so ist doch der für Tragekonstruktionen ausnutzbare, d. h. der bis zur Traggrenze reichende Antheil schließlich außerordentlich klein, während er im kalten Zustande und bis zu 300° bei weitem der größere ist. Das erhitzte Eisen nimmt schon von 400° an ersichtlich den Charakter der weichen Metalle, etwa des Zinkes an, dessen Tragvermögen ebenfalls kurz nach Ueberschreitung der Streckgrenze erschöpft ist.[1]) Die Zacken in den Punkten a u. b entstehen, wenn die Hälse des Probestabes zum Fließen kommen.

Es sind nunmehr diejenigen Versuchsergebnisse zu behandeln, welche durch Ausmessen der Stäbe nach dem Versuch gewonnen werden. Hierher gehören zunächst die Dehnungen δ_{50} und δ_{100}, gemessen auf je 50 und je 100 mm von der Bruchstelle. Die in der Anstalt gebräuchliche Art, diese Dehnungen zu ermitteln, ist vielfach besprochen, und darf wohl als bekannt vorausgesetzt werden. Die beiden Linien für δ_{50} und δ_{100} haben einen ähnlichen Verlauf, da die ihnen zu Grunde liegenden Werthe ja an den gleichen Stäben auf gleiche Weise ausgemessen sind; sie schließen sich naturgemäß dem allgemeinen Zuge der Linie für δ_Z an. Es gelten bezüglich der charakteristischen Punkte die Angaben, welche über den Verlauf von δ_Z bereits gemacht worden sind. Die größere oder geringere Gleichmäßigkeit der Dehnungen in den einzelnen Stabtheilen, namentlich in Form und Länge der Einschnürungsstelle haben einen Einfluß auf das Verhältniß zusammengehöriger Werthe von δ_{50} und δ_{100}. Deswegen sind die Verhältnißzahlen δ_{50} zu δ_{100} (= 100) in der folgenden Zusammenstellung aufgeführt.

(Aus den Mittelwerthen von Tabelle 5 berechnet)

Härtestufe	Verhältniß von δ_{50}/δ_{100} für die Wärmestufen:							
	— 20	+ 20	100	200	300	400	500	600
I	119	122	149	124	115	144	130	127
II	118	120	146	125	110	124	130	143
III	126	128	137	124	(166)[2])	126	128	141

Außerordentlich stark sind die Veränderungen, welche die Größe der Querschnittsverminderung erfährt. Die Linien für q steigen anfangs etwas an, um dann sehr stark bis zum kleinsten Werthe für q bei etwa 300° zu fallen. Von hier aus findet dann ein sehr steiles Ansteigen statt. Alle drei Materialien zeigen den kleinsten Werth von

[1]) Vergl. „Mittheilungen aus den technischen Versuchsanstalten" 1889, Ergänzungsheft II.
[2]) Aus dem Schaubilde interpolirt.

Digitized by Google

q bei 300°. Mit Ausnahme von 300° ist die Querschnittsverminderung für Härtestufe II geringer als bei Stufe I und man wird kaum fehlgehen, wenn man annimmt, daß diese eine Ausnahme durch den Zufall bedingt ist. Das Material der Stufe III zeigt auch hier insofern etwas anderen Charakter, als, obwohl die Querschnittsverminderung anfangs höher liegt als bei I und II, sie bei 300° ganz erheblich unter derjenigen von I und II bleibt. Von hier ab zeigen die Linien, daß das im kalten Zustand härtere Material geringere Querschnittsverminderung besitzt, als das weichere.

Den vorstehend geschilderten Verhältnissen entsprechend zeigten auch das Bruchaussehen und die Formänderung des Stabes charakteristische Eigenthümlichkeiten, welche aus den auf Tafel IV beigegebenen Photographien der Probestäbe erkannt werden können, und welche in Tab. 6 so eingehend beschrieben sind, daß hier wohl nur auf die allgemeinen Erscheinungen aufmerksam zu machen sein wird. Auf den ersten Blick fällt beim Vergleich der drei Photographien die Uebereinstimmung in der Lage der Brüche bei den verschiedenen Wärmestufen auf. Bei — 20° rissen die Stäbe in der Nähe des unteren Endes, bei + 20° im mittleren Theil der Versuchslänge und bei 100 und 200° wieder im unteren Theil. Bei 300° sind die Stäbe von Stufe I und II etwas näher dem oberen Ende, bei Stufe III dagegen alle ganz hart am unteren Ende gerissen. Bei den Wärmestufen 400 bis 600° sind die Stäbe in allen Gruppen in der Nähe des oberen Endes gerissen. Diese offenbare Gesetzmäßigkeit kann wohl nur durch gesetzmäßige Ungleichheit der Wärme in den oberen und unteren Theilen des Umhüllungsbades erklärt werden. In dem früher Gesagten ist die thatsächlich vorhandene Ungleichheit bereits angeführt. Bei den Versuchen bei — 20° schmolz während des Versuches die Kältemischung und mußte mehrmals nachgefüllt werden. Aus dem äußeren Ofenraum konnte das Schmelzwasser abfließen. Für den inneren Raum war ein solcher Abfluß nicht vorgesehen, weil es fraglich erschien, ob man mit einer festen Masse, in welcher sich Hohlräume bilden konnten, eine so gleichmäßige Wärmevertheilung erreichen würde, wie mittelst einer flüssigen. Da immer kurz vor Beginn des Schlußversuches (Aufzeichnung der Schaulinie) nochmals Eis und Salz nachgefüllt wurden, so ist es nicht ausgeschlossen, daß der obere Stabtheil um ein Geringes kälter war als der untere. Da aber, wie man sah, die Festigkeit anfangs mit steigender Wärme abnimmt, so mußte der Bruch im wärmeren Theile der Versuchslänge, also am unteren Ende erfolgen. Bei dem Ofen, welcher für die Versuche in höheren Wärmegraden benutzt wurde, war der untere Theil in der Regel etwas kälter als der obere und da bis zu 200° die Festigkeit mit wachsender Wärme zunimmt, so mußte nunmehr der Bruch an dem etwas kälteren Ende stattfinden. Es ist hier einzuschalten, daß die Wärmeunterschiede, welche die Lage der Bruchstelle bedingen, keineswegs groß zu sein brauchen, wenn sonst das Material gleichmäßig und fehlerlos ist. Von 300° an fällt die Festigkeit mit steigender Wärme und daher reißen von hier ab alle Stäbe im oberen Theile der Versuchslänge. Nur Härtestufe III bildet hier eine auffallende Ausnahme, weil hier die Brüche bei 300° ausnahmslos ganz hart am unteren, also voraussichtlich dem kälteren Ende gebrochen sind, so daß der Bruch immer in die den Uebergang zum dickeren Stabtheil bildende Hohlkehle hineingreift. Für die Begründung dieser Erscheinung kann die vorhin gebrauchte Erklärung aus dem Grunde um so weniger in Anspruch genommen werden, als gerade bei dieser Gruppe III schon ein ganz energisches Fallen der Festigkeit zwischen 200 und 300 nachgewiesen worden ist. Die völlig gleichen Bruchersheinungen

Digitized by Google

und der Umstand, daß Fehlstellen im Material nicht entdeckt werden konnten, schließen den Zufall aus, indessen konnte eine befriedigende Erklärung nicht gefunden werden.

Auch in der Bruchform zeigen die durch die Photographien dargestellten Stabgruppen ganz ausgesprochene Gesetzmäßigkeit. Bis zu 100° findet man deutliche meistens sehr vollkommen ausgebildete Trichter (Fig. 17a)[1]) mit großen, meistens nicht

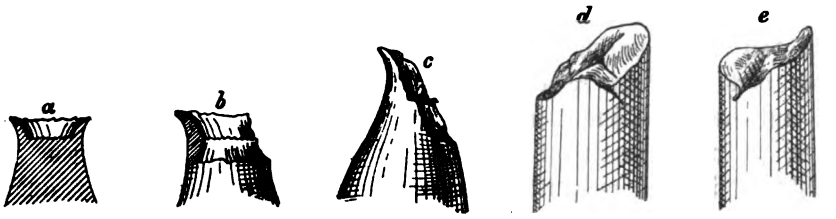


Fig. 17.

ausgezackten Rändern. Bei 200° findet man schon Stäbe, bei denen die Trichterbildungen noch deutlich erkennbar sind, bei denen aber die ganze Bruchfläche schief zur Axe angeordnet erscheint (Fig. 17b). Bei 300° kann man in keinem Falle eine Trichterbildung mit Bestimmtheit nachweisen. Die Brüche haben scharfzackige Formen, etwa so, wie sie in Fig. 17c bis e gezeichnet sind. Bei Härtegruppe III herrschen schiefe Brüche auch bei 400° vor; es findet sich neben zwei solchen Brüchen ein Trichter. Bei Gruppe I und II treten aber schon bei 400° nur deutliche Trichterformen auf, welche für alle 3 Gruppen und Wärmestufen über 400° ausschließlich vorkommen und bei 600° fast, am meisten bei Stufe II, bis auf eine Spitze zusammenschrumpfen.

Es erübrigt nun noch, auf die Ergebnisse der Feinmessungen näher einzugehen, weil diese für den Konstrukteur am meisten Interesse bieten werden.

Beachtet man zunächst die Spannung an der Proportionalitätsgrenze, Fig. 14 u. 15, so bemerkt man, daß die Linien σ_P für die Stufen I und II nahezu gleichen Verlauf haben, während diejenige für Stufe III anfangs andere Form und höhere Werthe zeigt, als sie für die ersten beiden Stufen gefunden sind. In allen drei Gruppen steigt die Spannung zwischen — 20 und + 20° mit wachsender Wärme, erreicht für + 20° ein Maximum, fällt ein wenig bis 100° und erreicht mit 200 Grad ein zweites, etwas höher liegendes Maximum, um dann schnell zu fallen. Die Verlängerung der Linie für Stufe I bis zur Wärmestufe 600° hat nur geringen Werth, weil sehr wahrscheinlich für die Wärmegrade über 400° keine Proportionalitätsgrenze mehr besteht. Bei Stufe III nimmt die Spannung σ_P von + 20° an mit wachsender Wärme beständig ab; sie erreicht für 200° die Werthe von Stufe I und II.

Die Dehnung an der Proportionalitätsgrenze erfährt, wie man aus den Linienzügen δ_P erkennt, keine nennenswerthen Veränderungen. Stufen I und II gleichen einander, während Stufe III etwas größere Werthe zeigt.

Der Konstrukteur wird also bei Einführung der für den kalten Zustand gebräuchlichen Spannungsgrenzen auch bei bis zu 200° erhitztem Eisen der hier geprüften Art immer noch auf Dehnungen, welche den Belastungen proportional sind und auf Sicherheit rechnen können. Allerdings wird man nicht ohne Vorsicht aus den hier

[1]) Vergl. Ergänzungsheft II der „Mittheilungen aus den technischen Versuchsanstalten": „Untersuchungen mit Eisenbahnmaterialien".

Digitized by Google

mitgetheilten Ergebnissen Schlüsse auf die zulässige Beanspruchung für Konstruktionen ziehen dürfen, welche einer Erwärmung auf mehr als 200° oder gar häufigem Wärmewechsel zwischen 150 und 350° dauernd ausgesetzt sind. Diese Werthe können auf zuverlässige Weise kaum anders als durch Dauerversuche im warmen Zustande oder nach dem von Professor Bauschinger[1]) eingeschlagenen Verfahren ermittelt werden.

Aber die Frage der Sicherheit von Eisenkonstruktionen wird, wie mir scheint, auch noch durch das eigenthümliche Wesen beherrscht, welches bei etwa 300° sich bemerkbar macht und doch vielleicht recht beachtenswerth sein möchte. Bei 300° befinden sich alle drei untersuchten Eisensorten in einem merkwürdigen Zustande, welcher dem oft behandelten „blauwarmen Zustande" entsprechen dürfte. Das Eisen zeigt neben größerer Festigkeit eine wesentlich geringere Querschnittsverminderung und geringere Dehnbarkeit als im kalten Zustande. Es verträgt weniger Formänderung, die Brüche treten plötzlich ohne vorheriges Einschnüren ein; das Material zeigt eine gewisse Sprödigkeit, die auch durch die abweichenden Erscheinungen in der Bruchfläche zum Ausdruck kommt. Daher ist die Frage wohl berechtigt, in welchem Maße etwa das Eisen bei 300° Stoßwirkungen, namentlich oft wiederholten, zu widerstehen vermöge.

Als eine eigenthümliche Erscheinung darf auch wohl das Verhalten zwischen — 20 und 20° hervorgehoben werden. Mir erschienen die hier in den Linienzügen ganz regelmäßig hervortretenden anfänglich starken Krümmungen (Steigen der Festigkeit neben Abnahme der Dehnbarkeit und der Querschnittsverminderung, kurz Abnahme des Formänderungsvermögens) so auffallend, daß ich lange nach einer Aufklärung darüber suchte, ob nicht am Ende doch ein grundsätzlicher Fehler in der Versuchsausführung dieses eigenthümliche Verhalten bedingt haben könne. Wie man weiß, wurde früher häufig behauptet, daß Schienenstahl in der Kälte spröder sei als in der gewöhnlichen Wärme. Die Ursache dieser Sprödigkeit wurde alsdann in der größeren Starrheit der Unterlage, des gefrorenen Bodens, gefunden, und in Rußland wurde festgestellt, daß die Schlagversuche mit Schienen von — 20° Wärme nicht nennenswerth ungünstiger ausfallen, als diejenigen bei gewöhnlichen Wärmegraden. Wenn also auch die hier mitgetheilten Versuchsergebnisse die Zunahme der Sprödigkeit mit Erniedrigung der Wärme unter den Gefrierpunkt wahrscheinlich machen, so möchte ich doch hervorheben, daß eine Bestätigung dessen sehr wünschenswerth ist.

Aus dem Voraufgehenden und aus den Linien in Fig. 14 u. 15 ist mehrfach der Unterschied zwischen den von zwei verschiedenen Hüttenwerken gelieferten Materialien hervorgetreten. Dieser Umstand, sowie die eingangs begründete Nothwendigkeit, die Versuche auf nur drei Härtestufen zu beschränken, veranlaßt leider, daß die Gesetzmäßigkeit der Eigenschaftsänderungen des Eisens mit steigender Wärme und steigender Härte nicht in der Weise klar zum Ausdruck gebracht werden kann, wie es bei Aufstellung des Arbeitsplanes beabsichtigt war. Sucht man zunächst nach den Ursachen für die charakteristischen Abweichungen zwischen den Erzeugnissen beider Hüttenwerke, so wird man zuerst die chemische Zusammensetzung beider Materialien und alsdann die etwaige Verschiedenheit in der mechanischen Bearbeitung nach dem Gießen zu beachten haben. In letzterer Hinsicht darf man wohl annehmen, daß große Abweichungen nicht

[1]) Bauschinger. Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium. München, Heft XV.

Digitized by Google

vorgekommen sein dürften, da ja die Erzeugungsart zwischen beiden Werken vereinbart war. Deswegen dürfte es sich recht sehr empfehlen, die Analyse beider Materialien noch jetzt nachträglich ausführen zu lassen. Große Abweichungen in der chemischen Zusammensetzung der Materialien werden kaum zu erwarten sein, denn der allgemeine Charakter der Schaulinien ist schließlich doch ein ähnlicher, wenn auch bei etwa 200 und 300° beachtenswerthe Abweichungen nachgewiesen worden sind. Aenderungen in der chemischen Zusammensetzung haben aber schon Aenderungen in den Festigkeitseigenschaften des Eisens bei gewöhnlicher Wärme zur Folge. Ohne Zweifel ist das auch bei erniedrigter und erhöhter Wärme der Fall, und es ist wohl möglich, daß für die einzelnen Beimengungen (Kohle, Mangan, Silicium u. s. w.) der größte Einfluß auf die Eigenschaftsänderungen bei verschiedenen Wärmegraden eintritt. Deswegen erscheint es mir nicht ausgeschlossen, daß die Bauchungen, welche die Linienzüge σ_B, σ_Z und δ_B bei Härtestufe III gegenüber den Linienzügen für die Härtestufen I und II aufweisen, auf das besondere Vorherrschen des einen oder des anderen Elementes zurückgeführt werden können. Es wäre sicher nicht ohne Interesse gewesen, auch noch die zweite Probe von Union mit der ersten vergleichen zu können, indessen waren die Abweichungen zwischen dem Material von Union und Hörde nicht vorauszusehen.

Das allgemeine Gesetz für die Festigkeitsänderungen des Flußeisens der untersuchten Art mit steigender Wärme könnte man aus einer Zusammenfassung der Linienzüge in Fig. 14 u. 15 wohl ableiten. Man würde finden, daß es sich an die früher gefundenen Versuchsergebnisse im allgemeinen anschließt. Zur Vereinfachung der Uebersicht verweise ich auf ein von mir verfaßtes Referat über die älteren Versuche in der „Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing." 1883. Die Feststellung des allgemeinen Gesetzes für die Veränderungen der Festigkeitseigenschaften mit wachsender Härte des Materiales läßt sich aus drei Versuchsreihen leider nicht mit Sicherheit ableiten. Hierzu hätte man mindestens fünf Versuchsreihen mit Material machen müssen, welches möglichst gleichartig bearbeitet war und dessen chemische Zusammensetzung nur soweit sich ändert, als zur Erzielung der Härtestufen nothwendig war. Alsdann kann man ebenso, wie es in Fig. 11—13 für jede Härtestufe und für wachsende Wärme geschehen ist, Schaulinien für jede Wärmestufe und wachsende Härtegrade entwerfen. Hierdurch würden also durch die Schaubilder in Fig. 14 u. 15 gewissermaßer Schnitte gelegt werden, welche senkrecht zur Zeichnenebene durch die Ordinatenlinien gehen. Aus beiden Zeichnungen ließe sich eine dritte entwerfen, welche als Grundriß zu den beiden ersten die Schnitte darstellt, welche parallel zur Abscissenebene gelegt sind. Man würde also Linienzüge erhalten, welche Linien gleicher Spannung, gleicher Dehnung oder gleicher Querschnittsverminderung darstellen. Denkt man sich durch diese Linien (Linien gleicher Höhe) eine gekrümmte Oberfläche gelegt, so würde der Abstand der gekrümmten Oberfläche von der Zeichenfläche das Maß für die durch die Oberfläche dargestellte Eigenschaft sein. Die Oberfläche stellt das Gesetz dar, nach welchem sich die Eigenschaft mit wachsender Wärme und mit wachsender Härte ändert. In solcher körperlichen Darstellungsweise hat man ein gutes Mittel, um Beobachtungsreihen auszugleichen und empirisch gefundene Gesetze von der hier in Frage stehenden Art zur klaren Anschauung zu bringen.

Es kann nach Vorausgehendem wohl kaum verkannt werden, welche Wichtigkeit planmäßig angeordnete Versuche mit Materialien von stufenweise sich änderndem Charakter haben. Nur dann kann man mit einigen wenigen Versuchsreihen das Netz festlegen,

Digitized by Google

welches in die das Gesetz darstellende Fläche fällt, und hierdurch ist die Fläche selbst bei richtiger Wahl der Schnitte in der Regel hinreichend bestimmt. Man muß ferner noch beachten, daß nicht jedes Versuchsergebniß einen Punkt dieser Fläche darstellt. Denn durch die Fehler der Versuchsausführung und durch Zufälligkeiten (Materialfehler im Probestabe) sind die drei Elemente, die Ordinaten, welche die Lage des Punktes im Raume bedingen, beeinflußt, und deswegen wird man sich zusammen mit der das Gesetz darstellenden gekrümmten Fläche zwei gleichlaufende Flächen zu denken haben, deren Abstand die Größe der wahrscheinlichen Fehler des Versuches angiebt. In den durch diese Grenzflächen gebildeten Körper müssen dann die Mittelwerthe gleichartiger Versuche mit gleichen Materialien fallen. Man sieht, wie wenig Aussicht vorhanden ist, durch eine statistische Zusammenstellung einer sehr großen Zahl von planlos angestellten Einzelversuchen sich Klarheit, beispielsweise über den Zusammenhang zwischen den chemischen und mechanischen Eigenschaften des Eisens, zu verschaffen.[1]) Daher sind für die Forschung im großen Maßstabe die mit vieler Mühe und in Summa mit großem Aufwand ausgeführten Einzelversuche für die Erweiterung unserer Kenntniß nicht von gleichem Werthe, wie wenige aber planmäßig angestellte Versuchsreihen und es wird dem Verein für Gewerbfleiß und dem Verein deutscher Eisenhüttenleute der Dank für die Opfer sicher nicht fehlen, welche sie zur Ermöglichung einer solchen Untersuchung brachten.

Wenn auch die Versuche mit aller Sorgfalt ausgeführt worden sind, so kann doch nicht verkannt werden, daß bei ihrer etwaigen Fortsetzung sehr vieles gebessert werden kann. Man wolle aber bei der Beurtheilung dieses Berichtes der außerordentlichen Schwierigkeiten gedenken, welche namentlich in Bezug auf die Feinmessungen zu überwinden waren. Ferner ist auch in Betracht zu ziehen, daß die Versuche mit vielfachen Unterbrechungen vorgenommen werden mußten, weil die Maschine nur dann zur Verfügung stand, wenn tagelang keine Prüfungsaufträge zu erledigen waren. Dieser Umstand hat die Untersuchungen wider alles Erwarten verzögert.

Schließlich erlaube ich mir noch die Aufmerksamkeit auf die Richtung zu lenken, in welcher etwa eine Fortsetzung dieser Versuchsreihen in Aussicht zu nehmen sein würde. Zuerst fällt wohl die Nothwendigkeit in die Augen, die Zahl der Härtestufen zu vermehren und namentlich auch mehr an die äußeren Grenzen zu gehen, also weichstes Flußeisen und Flußstahl mit heranzuziehen. Sehr erwünscht wäre es, wenn die gleichen Werke, welche das Material für die hier beschriebenen Versuche lieferten, auch das Material für die etwaige Fortsetzung der Versuche nach gleichen Grundsätzen anfertigen wollten. Auch die Prüfung der jetzt zurückgestellten Stufe IV würde über den Charakter des Materiales von Union guten Aufschluß liefern. Die eigenthümlichen Erscheinungen bei 300° lassen es wünschen, daß solche Materialien, welche den Wirkungen der Blauhitze besonders stark unterworfen sind, ebenfalls zur Prüfung herangezogen werden. Werthvollen Aufschluß würde die Vergleichung ähnlicher Materialien gewähren, welche aus dem Siemens-Martin-, dem Bessemer- oder Thomasprozeß hervorgegangen sind.

[1]) Ich muß dies hier hervorheben, weil ich früher einer solchen Statistik nachdrücklich das Wort redete. „Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing.", 1879 S. 837. 1882 S. 183. Ueberdies haben mich umfangreiche eigene Arbeiten auf diesem Gebiete leider über die Erfolglosigkeit eines solchen Vorgehens belehrt.

Digitized by Google

Anlagen zum Bericht über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften des Eisens.

Tabellen I und II befinden sich im Text.

Tabelle 3.

Kontrole der Kraftordinaten des Schaulinienzeichners.

Für jedes Schaubild ist mehrfach vor und nach dem Versuch durch Aufsetzen der Kontrolscheiben der Werth für je 12,6 t Belastung des Probestabes bestimmt.

Datum	Schaubild Nr.	Weg in mm für Scheibe I	II	III	Bemerkungen
1888					
5. IV.	1	63,0	—	—	Vorversuch.
	2	62,5	—	—	Desgl., sehr zackige Linie.
9. V.	3	55,4	58,2	—	Gute Linien.
	3	55,4	58,7	—	
Mittel		59,1	58,5	—	
1. VI.	4	40,1	—	—	
4. VI.	5	39,5	39,5	—	
	5	—	39,5	—	
	5	—	40,0	—	
	5	—	40,0	—	
14. VI.	6	—	39,0	40,0	Scheibe IV = 39,5 u. 39,5.
	6	—	39,0	40,0	
	6	—	39,5	39,5	Linien wellig. Maße nur angenähert; auf 0,5 mm abger.
	6	—	39,5	39,5	
15. VI.	7	—	39,5	39,0	IV = 40,5; Linien zackig; Maße auf 0,5 mm abger.
28. VI.	8	39,0	39,5	39,7	
	8	—	39,4	39,7	
	8	—	39,4	—	
28. VI.	9	—	39,6	—	Zacken.
	9	—	39,6	—	
	9	—	39,5	—	
	9	—	39,5	—	
Mittel		39,6	39,5	39,6	
7. VII.	10	36,8	37,4	—	Gut.
	10	36,8	37,4	—	
	10	36,7	—	—	
14. VII.	11	36,7	36,8	—	Gut.
	11	36,7	36,8	—	
16. VII.	12	36,5	37,2	—	Gut.
	12	36,5	37,2	—	
	13	36,7	36,9	—	Nicht schlecht.
	13	36,4	37,2	—	
20. VII.	14	36,5	37,0	37,6	IV = 37,0 u. 37,0 — gut.
	14	36,5	37,0	37,6	
	14	36,8	—	—	
21. VII.	15	—	37,2	—	Zacken.
	15	—	37,2	—	
21. VIII.	16	36,2	—	—	Schlecht.

Datum	Schaubild Nr.	Weg in mm für Scheibe I	II	III	Bemerkungen
1888					
21. VIII.	16	36,3	—	—	
17. X.	17	35,5	36,7	—	Nicht schlecht.
	17	—	36,7	—	
18. X.	18	36,1	37,2	—	Unregelmäßig.
	18	—	37,0	—	
	18	—	37,3	—	
19. X.	19	—	36,4	—	Zacken.
	19	—	36,4	—	
20. X.	20	—	37,0	—	Gut.
22. X.	21	—	36,2	—	Zacken.
	21	—	36,5	—	
23. X.	22	—	36,5	—	
	22	—	36,5	—	
	22	—	36,0	—	
24. X.	23	—	36,4	—	Zacken.
	23	—	37,0	—	
25. X.	24	—	36,5	—	Desgl.
	24	—	36,8	—	
26. X.	25	—	36,5	—	Desgl.
	25	—	36,5	—	
	25	—	36,6	—	
27. X.	26	—	36,6	—	Desgl.
	26	—	36,9	—	
	26	—	36,4	—	
29. X.	27	—	36,6	—	Desgl.
	27	—	36,6	—	
	27	—	36,2	—	
3. XI.	28	36,0	36,5	—	Wellig.
	28	—	36,5	—	
	28	—	36,0	—	
5. XI.	29	—	36,6	—	Wellig.
	29	—	36,6	—	
	29	—	37,2	—	
Mittel		36,5	36,7	37,6	
9. XI.	30	39,7	39,5	39,4	Die Kontaktvorrichtung hat neue Gummiplatten erhalten. Anfänglich waren die Ergebnisse ungünstig, indem die Ordinaten sehr verschieden werden. Es stellte sich heraus, daß die Gummiplatten nicht empfindlich genug waren und daß nach
	30	—	38,7	—	
	30	—	38,8	—	
	30	—	39,6	—	
16. XI.	31	—	—	—	
17. XI.	32	—	—	—	
19. XI.	33	—	39,1	—	

Digitized by Google

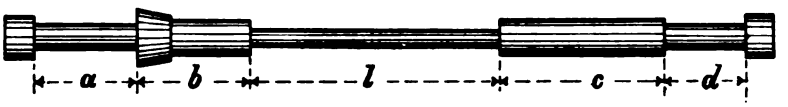
Datum	Schaubild Nr.	Weg in mm für Scheibe I	II	III	Bemerkungen
1888					
21. XI.	34	—	39,4	—	einem leichten Rütteln an der Kontaktvorrichtung sich der Zeichenstift bis zu 3 mm höher oder tiefer einstellte. Dieser Fehler scheidet sich von selbst aus, wenn zwei Nullinien beide mit sinkendem oder beide mit steigendem Zeichenstifte gezeichnet worden sind. Es sind hier nur Werthe aufgenommen, welche nicht mit dem durch die Unempfindlichkeit der Gummiplatten verursachten groben Fehler behaftet sind.
22. XI.	35	—	39,6	—	
23. XI.	36	—	39,0	—	
24. XI.	37	—	40,0	—	
	37	—	39,7	—	
	37	—	39,3	—	
	37	—	38,9	—	
26. XI.	38	—	39,5	—	
	38	—	39,5	—	
	38	—	39,0	—	
	38	—	39,0	—	
1. XII.	38	39,2	39,0	39,4	Prüfung des Zeichenapparates.
	38	39,2	39,0	39,4	
3. XII.	39	38,8	40,0	—	Von hier an wird stets am Kontakt gerüttelt beim Erreichen einer Nullinie.
	39	38,8	40,0	—	
	39	39,2	38,7	—	
	39	—	38,7	—	
	39	—	38,7	—	
12. XII.	40	—	38,7	39,6	
	40	—	39,1	—	
14. XII.	41	—	38,9	39,5	
	41	—	39,1	39,9	
	41	—	38,6	—	
17. XII.	42	—	40,2	—	
	42	—	39,5	—	
	42	—	38,8	—	
19. XII.	43	—	39,2	—	
	43	—	39,7	—	
20. XII.	44	—	40,0	—	
	44	—	40,0	—	
21. XII.	45	—	39,8	—	
	45	—	40,2	—	
	45	—	40,4	—	
	45	—	39,3	—	
22. XII.	46	—	39,5	—	
	46	—	38,9	—	
28. XII.	47	—	38,9	—	
	47	—	38,9	—	
	47	—	39,3	—	
	47	—	39,3	—	
29. XII.	48	—	40,5	—	
	48	—	38,0	—	
	48	—	39,5	—	
	48	—	40,1	—	
	48	—	40,2	—	
	48	—	40,2	—	
1889					
21. I.	49	—	37,8	—	Linien zum Theil unregelmäßig.
24. I.	50	—	—	39,0	
	50	—	—	39,7	
	50	—	—	39,1	
	50	—	—	39,7	
	50	—	—	40,3	
5. II.	51	—	—	40,4	
	51	—	—	40,4	
	51	—	—	40,4	
	51	—	—	40,4	
	51	—	—	38,9	
	51	—	—	38,9	
	51	—	—	39,0	
	51	—	—	39,0	
6. II.	52	—	—	38,9	
	52	—	—	38,9	
	52	—	—	39,5	

Datum	Schaubild Nr.	Weg in mm für Scheibe I	II	III	Bemerkungen
1889					
6. II.	52	—	—	39,7	
7. II.	53	—	—	38,7	
	53	—	—	38,7	
	53	—	—	39,2	
	53	—	—	39,2	
	53	—	—	38,9	
	53	—	—	38,9	
8. II.	54	—	—	38,9	
	54	—	—	38,9	
9. II.	55	—	—	38,5	
	55	—	—	39,0	
15. II.	56	—	—	39,0	
	56	—	—	39,0	
	56	—	—	39,0	
	56	—	—	39,0	
16. II.	57	—	—	38,9	
	57	—	—	38,9	
18. II.	58	—	—	38,8	
	58	—	—	39,2	
19. II.	59	—	—	39,0	
	59	—	—	38,7	
20. II.	60	—	—	38,9	
	60	—	—	38,9	
21. II.	61	—	—	38,8	
	61	—	—	38,8	
22. II.	62	—	—	38,5	
	62	—	—	38,5	
23. II.	63	—	—	38,6	
	63	—	—	38,6	
25. II.	64	—	—	39,1	
	64	—	—	38,8	
26. II.	65	—	—	38,7	
	65	—	—	38,7	
27. II.	66	—	—	38,5	
	66	—	—	38,5	
28. II.	67	—	—	37,4	
	67	—	—	37,4	
Mittel		39,2	39,3	39,0	
16. VIII.	68	—	34,7	—	
	68	—	35,2	—	
	68	—	34,6	—	
	68	—	34,8	—	
17. VIII.	69	—	35,2	—	
	69	—	35,8	—	
19. VIII.	70	—	33,7	—	
	70	—	34,8	—	
20. VIII.	71	—	35,0	—	
	71	—	34,6	—	
21. VIII.	72	—	34,2	—	
	72	—	34,5	—	
22. VIII.	73	—	34,8	—	
	73	—	34,8	—	
23. VIII.	74	—	35,0	—	
	74	—	35,0	—	
24. VIII.	75	—	34,4	—	
	75	—	34,4	—	
26. VIII.	76	—	34,8	—	
	76	—	34,3	—	
27. VIII.	77	—	35,1	—	
	77	—	35,1	—	
28. VIII.	78	—	35,0	—	
	78	—	35,0	—	
Mittel		—	34,8	—	

Digitized by Google

Tabelle 4.

Kontrole über die Formänderung der einzelnen Stabtheile während des Versuches.



Härtegrad I.

Nr. des Stabes	Wärmestufe	Urspr. Durchmesser in mm					Urspr. Länge in mm					Verlängerung der Länge in mm					Summe	Bemerkungen
		a	b	l	c	d	a	b	l	c	d	a	b	l	c	d		
29	— 20°	23,9	28,2	20,3	28,0	24,4	92,0	90,8	206,5	212,9	85,8	3,4	0,4	52,8	0,3	3,0	59,9	
38	„	24,2	28,1	20,4	28,2	24,2	92,1	89,8	206,1	212,8	85,1	3,6	0,1	67,1	1,0	4,0	75,8	
12	„	24,3	27,8	20,0	27,8	24,3	91,0	90,8	207,0	208,2	86,0	3,4	0,4	69,4	0,7	3,5	77,4	
71	„	24,0	28,1	20,0	28,2	24,1	92,1	89,7	206,4	212,2	85,3	3,3	0,3	59,6	0,5	3,6	67,3	
30	+ 20°	—	—	20,3	28,3	—	9,0	9,3	2,5	21,1	8,1	—	—	57,5	—	—	64,0	
39	„	24,0	28,0	20,1	28,1	23,9	92,5	89,5	206,5	210,0	88,0	2,5	0,5	62,8	0,5	2,7	69,0	
72	„	24,0	28,0	20,1	28,1	24,0	92,2	89,7	206,1	212,3	85,4	3,1	0,1	55,4	0,2	3,0	61,8	
31	+100°	24,4	28,4	20,3	28,4	24,3	91,6	89,9	206,5	212,5	85,3	3,2	0,0	25,6	0,4	3,3	32,5	
13	„	23,9	28,3	20,4	28,4	23,9	90,4	90,7	206,7	212,6	88,2	3,5	0,4	28,3	0,7	3,5	36,4	
40	„	24,2	28,1	20,4	28,0	24,4	92,3	89,9	206,2	212,0	85,9	3,7	0,7	24,7	2,4	3,8	35,3	
15	+200°	24,1	28,3	20,3	28,5	24,1	91,0	90,7	206,3	213,7	87,9	7,2	1,5	32,3	3,3	6,3	50,6	
74	„	24,2	28,2	20,1	28,1	24,2	92,1	90,0	206,0	212,7	85,4	7,2	1,2	31,6	2,9	6,0	48,9	
41	„	24,4	28,3	20,2	28,3	24,3	92,2	89,9	206,0	212,9	85,3	6,8	1,3	27,9	3,0	5,5	44,5	
83	„	24,1	28,3	20,2	28,4	24,2	92,0	89,7	206,5	212,6	85,7	8,5	1,4	31,0	3,0	5,3	49,2	
33	+300°	24,2	28,2	20,2	28,3	24,2	92,1	89,9	206,0	212,7	85,1	2,8	0,9	41,5	2,5	3,1	50,8	
17	„	24,2	28,2	20,3	28,2	24,3	91,3	90,3	206,2	213,3	85,1	2,9	0,7	41,0	2,3	2,8	49,7	
43	„	24,2	28,1	20,0	28,1	24,1	92,2	89,9	206,1	212,6	85,3	2,7	0,9	34,0	2,2	2,7	42,5	
16	+400°	24,5	28,1	20,6	28,1	24,2	90,5	91,3	206,0	210,5	85,5	0,8	0,2	73,4	1,4	1,2	77,0	Stab hat 2 Einschnürungen.
34	„	24,1	28,2	20,2	28,2	24,2	92,2	90,0	205,8	212,9	85,0	0,2	0,0	53,3	0,4	0,4	54,3	
44	„	24,1	28,0	20,0	28,0	24,1	92,0	89,8	206,0	212,6	85,4	1,4	0,4	51,7	1,0	1,2	55,7	
18	+500°	24,2	28,4	20,3	28,4	24,4	92,1	90,4	206,0	212,7	85,4	0,2	0,0	80,0	0,5	0,2	80,9	
32	„	24,0	28,0	20,2	28,1	24,1	92,1	89,7	206,0	212,7	85,2	0,0	0,1	104,8	0,5	0,1	105,5	Stab hat 2 schwache Einschnürungen.
45	„	24,0	28,0	20,0	28,1	24,0	92,2	89,8	206,1	212,5	85,3	0,1	0,1	81,1	0,7	0,0	82,0	
19	+600°	24,4	28,2	20,3	28,3	24,4	92,0	90,7	206,2	212,7	86,0	0,1	0,0	142,8	0,7	0,1	143,7	
37	„	24,2	28,2	20,3	28,2	24,2	92,1	89,9	206,0	212,2	85,4	0,0	0,1	123,1	0,6	0,0	123,8	
46	„	24,1	28,0	20,0	28,1	24,1	92,3	89,7	206,0	212,7	85,2	0,1	0,0	105,0	0,5	0,1	105,7	

Digitized by Google

Härtegrad II.

Nr. des Stabes	Wärmestufe	Urſprgl. Durchmeſſer in mm					Urſprgl. Länge in mm					Verlängerung der Länge in mm					Summe	Bemerkungen
		a	b	l	c	d	a	b	l	c	d	a	b	l	c	d		
113	— 20°	24,2	28,1	20,0	28,0	24,2	92,1	89,7	206,0	212,8	85,5	3,2	0,1	48,0	0,3	3,2	54,8	
122	„	24,0	28,0	20,0	28,1	24,1	92,1	89,8	205,8	212,8	85,2	3,3	0,4	63,0	0,6	3,1	70,4	
155	„	24,2	28,1	20,1	28,1	24,3	92,1	89,8	206,0	212,5	85,4	3,3	0,4	45,2	0,7	2,9	52,5	
164	„	23,8	28,0	20,1	28,0	24,0	92,0	89,8	206,1	212,2	85,6	3,7	0,3	48,8	0,7	3,4	56,9	
156	+ 20°	24,1	28,1	20,1	28,2	24,2	92,0	89,8	206,2	212,6	85,3	2,9	0,0	51,8	0,6	2,3	57,6	
114	„	24,1	28,1	20,1	28,1	24,2	91,9	90,0	206,0	212,7	85,1	3,3	0,1	52,4	0,5	2,7	59,0	
123	„	24,1	28,1	20,1	28,1	24,2	92,2	89,9	206,2	212,9	85,0	2,9	0,1	63,3	0,2	2,8	69,3	
115	+100°	24,1	28,0	20,0	28,0	24,1	92,2	90,1	206,1	212,7	85,5	3,2	0,1	27,2	0,2	2,7	53,4	
124	„	24,0	28,0	20,0	28,1	24,0	92,1	90,0	206,0	212,5	85,2	2,7	0,1	29,5	0,2	2,7	35,2	
157	„	24,1	28,0	20,1	28,1	24,2	92,0	89,8	206,3	212,6	85,1	2,9	0,2	23,5	0,2	2,5	29,3	
159	+200°	24,3	28,2	20,1	28,2	24,2	92,1	90,0	206,3	212,6	85,0	5,1	1,0	27,0	2,3	4,1	39,5	
116	„	24,1	28,0	20,1	28,0	24,1	92,1	89,8	206,0	212,7	85,1	5,6	1,0	28,7	2,7	5,3	43,3	
125	„	24,1	28,1	20,1	28,1	24,0	92,1	89,9	206,0	213,0	85,0	5,5	0,8	31,1	2,4	4,0	43,8	
117	+300°	24,2	28,0	20,0	28,1	24,1	92,0	89,9	206,0	212,6	85,3	3,3	0,9	39,2	2,5	3,0	48,9	
127	„	24,1	28,0	20,0	28,1	24,1	92,0	89,8	206,1	212,7	85,1	3,1	1,0	51,5	2,6	2,6	60,8	2 schwache Einſchnürungen.
158	„	24,4	28,1	20,1	28,1	24,2	92,0	89,7	206,2	212,4	85,3	3,3	0,8	20,7	2,5	3,3	30,6	Temp. wahrſch. nur gegen 260°
118	+400°	24,1	28,2	20,0	28,1	24,1	92,0	89,9	206,1	212,6	85,3	1,7	0,6	52,5	1,1	2,6	58,5	
128	„	24,2	28,0	20,1	28,0	24,1	92,0	89,9	206,1	212,5	85,3	1,7	0,6	48,8	2,0	1,8	54,9	
160	„	24,2	28,1	20,2	28,1	24,0	92,0	89,7	206,2	212,5	85,2	1,8	0,7	51,9	1,8	1,9	58,1	
120	+500°	24,2	28,1	20,1	28,1	24,1	92,1	89,8	206,1	212,7	85,6	0,1	0,0	78,0	0,3	0,1	78,5	
162	„	24,1	28,0	20,2	28,0	24,2	92,3	89,8	205,8	212,7	85,2	0,1	0,1	70,0	0,5	0,2	70,9	
129	„	24,0	28,0	20,0	28,1	23,8	92,1	89,6	206,3	212,6	85,2	0,1	0,0	63,2	0,5	0,1	63,9	Bis zum Bruch gerührt.
121	+600°	24,1	28,1	20,1	28,1	24,0	92,0	90,0	205,8	213,0	85,1	0,1	0,1	134,6	0,5	0,0	135,3	
130	„	24,0	27,9	20,1	28,1	24,2	92,1	89,7	206,3	212,7	85,0	0,0	0,0	107,0	0,6	0,0	107,6	
163	„	24,3	28,1	20,2	28,1	24,2	92,1	89,7	206,0	212,9	85,2	0,0	0,1	119,3	0,8	0,0	120,2	Bis zum Bruch gerührt.

Digitized by Google

Härtegrad III.

Nr. des Stabes	Wärmestufe	Urſprgl. Durchmeſſer in mm					Urſprgl. Länge in mm					Verlängerung der Länge in mm					Summe	Bemerkungen
		a	b	l	c	d	a	b	l	c	d	a	b	l	c	d		
238	— 20°	24,1	27,9	20,2	28,1	24,2	92,1	89,7	206,1	212,4	85,4	3,3	0,3	47,2	0,4	3,2	54,4	
246	"	24,2	28,0	20,0	28,1	24,3	92,0	89,8	205,9	212,7	85,4	2,9	0,2	59,4	0,3	3,1	65,9	
255	"	24,1	28,1	20,0	28,0	24,2	92,0	89,7	206,0	212,6	85,1	3,3	0,2	45,6	0,4	2,7	52,2	
239	+ 20°	24,1	28,1	20,1	28,2	24,1	92,2	89,8	205,9	212,4	85,5	2,6	0,2	57,0	0,3	2,9	63,0	
248	"	24,0	28,1	20,0	28,1	24,1	92,3	89,7	206,1	212,3	85,3	2,7	0,2	57,6	0,2	2,4	63,1	
256	"	24,2	28,1	20,1	28,1	24,3	91,9	89,7	206,1	212,6	85,1	2,5	0,2	57,2	0,2	2,6	62,7	
249	+100°	24,1	28,1	20,0	28,1	24,0	92,0	90,0	206,0	212,9	85,0	2,3	0,1	36,4	0,1	2,8	41,7	
240	"	24,1	28,0	20,1	28,1	23,9	92,1	89,6	206,3	212,6	85,1	2,9	0,2	34,0	0,4	2,6	40,1	
258	"	24,2	28,0	20,1	28,1	24,2	92,1	89,8	206,0	212,9	85,4	2,4	0,1	37,1	0,4	2,2	42,2	
250	+200°	24,1	28,0	20,1	28,1	24,1	92,0	90,0	206,0	212,7	85,3	4,2	0,7	25,0	2,4	3,3	36,3	Bruch in Fehlſtelle.
241	"	24,1	28,0	20,1	28,1	24,1	92,2	90,0	(209,4)	(209,3)	85,0	4,9	0,8	26,7	2,2	3,4	38,0	Zu große Verſuchslänge.
259	"	24,1	28,1	20,1	28,1	24,1	92,1	89,8	206 1	212,3	85,4	4,2	0,9	26,9	2,2	3,7	38,6	
242	+300°	24,1	28,1	20,1	28,0	24,0	92,0	89,8	206,0	212,3	85,4	1,5	0,4	10,6	0,2	1,2	13,9	
251	"	24,2	27,9	20,1	28,1	24,3	89,9	89,7	206,1	212,7	85,1	3,7	0,4	10,5	0,5	1,5	16,6	
260	"	24,1	28,0	20,1	28,0	24,3	92,0	89,8	206,2	212,2	85,5	1,7	0,5	11,6	0,8	1,3	15,9	
243	+400°	24,2	28,0	20,2	28,0	24,1	92,1	89,7	206,2	212,5	85,10	1,4	0,4	52,5	0,9	1,9	57,1	
252	"	24,1	28,1	20,1	28,1	24,4	92,0	89,8	206,0	212,7	85,1	1,4	0,6	69,0	1,2	1,3	73,5	Stab hat 2 Einſchnürungen.
261	"	24,3	28,0	20,2	28,1	24,5	92,0	89,9	206,1	212,4	85,2	1,5	0,6	49,7	1,0	1,2	54,0	
244	+500°	24,2	28,1	20,1	28,0	24,3	92,0	89,8	206,1	212,2	85,2	0,3	0,2	54,2	0,4	0,1	55,2	Bis zum Bruch gerührt.
253	"	24,3	28,1	20,1	28,0	24,1	92,0	89,8	205,9	212,6	85,3	0,1	0,3	102,8	0,5	0,2	103,9	
262	"	24,0	28,0	20,1	28,0	24,2	92,0	89,9	206,0	212,8	85,1	0,0	0,3	70,9	0,4	0,0	77,6	
245	+600°	24,2	28,1	20,1	28,1	24,2	92,0	89,9	205,9	212,5	85,4	0,0	0,0	69,9	0,4	0,1	70,4	Bis zum Bruch gerührt.
254	"	24,3	28,0	20,0	28,1	24,4	91,9	90,1	205,8	212,8	85,3	0,0	0,1	103,3	0,6	0,0	104,0	
263	"	24,2	28,0	20,1	28,1	24,1	92,0	89,8	206,0	212,5	85,4	0,0	0,1	80,7	0,2	0,0	81,0	

Digitized by Google

Tabelle

Zusammenstellung

Vorbemerkungen: Werthe, welche aus den angegebenen Gründen unzuverlässig waren, wurden in ( ) gesetzt
Werthe, welche nicht ganz zuverlässig erschienen, wurden in [ ] gesetzt, aber zur Mittel
Mittel, welche aus einer geringeren Zahl von Versuchsergebnissen oder unter Einschluß

Nr. des Stabes	Datum der Versuchsausführung	Art des Bades	Aus den Feinmessungen								Aus dem Schau-		
			bei Zimmerwärme		bei Versuchswärme						bei Versuchs		
			Dehnung für 1 t. $\% \times 10^4$	Elastizitätsmodul kg/qmm	Dehnung für 1 t. $\% \times 10^4$	Elastizitätsmodul kg/qmm	Spannung kg/qmm		Dehnung $\% \times 10^3$		Spannung kg/qmm		
							Proportionalitätsgrenze	Streckgrenze	Proportionalitätsgrenze	Streckgrenze	Streckgrenze	Traggrenze	beim Bruch
			$\Delta\delta$	E	$\Delta\delta$	E	σP	σS	δP	δS	σS	σB	σZ
Härte-													
Wärmestufe													
29	15. 8. 89	Salpeterlösung . .	139	21 900	142	21 400	10,0	24,7	46	104	24,1	41,0	32,4
38	17. 8. 89	Salpeterlösung . .	144	20 700	143	20 900	12,2	23,7	57	98	23,5	39,7	30,0
12	19. 8. 89	Petroleum	150	21 200	149	21 300	13,5	24,7	63	103	25,4	43,0	34,4
71	27. 8. 89	Salz und Eis . .	153	20 800	151	21 000	13,5	25,5	64	103	25,5	41,1	31,2
		Mittel	147	21 200	146	21 200	12,3	24,7	58	102	24,6	41,2	32,0
Wärmestufe													
2	8. 5. 88	—	151	20 800	151	20 800	—	—	—	—	21,6	38,4	—
3	29. 5. 88	—	150	20 500	150	20 500	16,2	20,8	76	104	21,3	37,3	27,2
4	4. 6. 88	—	—	—	—	—	—	22,7	—	111	22,8	38,5	28,2
30	25. 6. 88	—	150	20 600	150	20 600	(22,4)	23,1	(108)	109	—	38,5	—
39	26. 6. 88	—	149	21 000	149	21 000	16,6	19,8	79	106	—	[37,1]	—
5	16. 1. 89	—	156	20 400	156	20 400	17,5	—	84	—	23,2	38,8	28,7
72	7. 1. 90	—	152	20 800	152	20 800	15,8	23,7	77	105	24,3	40,4	31,3
		Mittel	151	20 700	151	20 700	16,5	[22,0]	79	[107]	22,6	[38,4]	28,9
Wärmestufe													
31	3. 7. 88	Paraffin	—	—	153	19 600	[16,2]	20,1	[82]	98	—	[38,4]	(34,9)
13	7. 7. 88	Desgl.	—	—	148	20 100	14,5	—	72	—	20,8	40,1	30,6
40	21. 7. 88	Desgl.	150	20 300	152	20 100	13,0	19,9	64	105	20,0	38,8	29,4
		Mittel	[150]	[20 300]	151	19 900	[14,6]	[20,0]	[73]	[102]	[20,4]	[39,1]	[30,0]
Wärmestufe													
36	4. 8. 88	Paraffin	151	20 800	156	20 000	15,6	19,5	79	103	18,1	46,3	38,1
15	14. 7. 88	Desgl.	149	20 200	156	19 300	20,8	21,6	108	104	20,3	50,0	45,4
74	16. 7. 88	Desgl.	154	20 400	162	19 500	18,1	—	93	—	20,8	52,4	44,5
41	17. 7. 88	Desgl.	153	20 500	160	19 300	18,0	18,8	93	91	—	49,3	[43,0]
33	18. 7. 88	Desgl.	152	20 500	158	19 500	(11,7)	19,5	(59)	106	—	53,4	[46,0]
		Mittel	152	20 500	158	19 500	18,1	19,9	93	101	19,7	50,3	[43,5]

Digitized by Google

5.

der Versuchsergebnisse.

und von der Mittelbildung ausgeschlossen.
bildung herangezogen.
von in [ ] gesetzten Zahlen gebildet wurden, sind ebenfalls in [ ] gesetzt.

bild wärme		Nach dem Bruch			Bemerkungen
Dehnung %		Dehnung % auf		Querschnittsverminderung	
Traggrenze	beim Bruch	je 50 mm	je 100 mm		
δB	δZ	δ_{50}	δ_{100}	q	
Stufe I.					
— 20 C°.					
19,9	26,1	33,7	28,2	49,7	Es konnte nur —13 bis —14° erreicht werden; im inneren Gefäß bilden sich unten schneeartige Kryſtallmaſſen.
26,9	32,9	40,2	34,4	62,4	Es konnten nur —15 bis —16° erreicht werden.
25,5	34,5	40,7	35,6	52,2	Petroleummiſchung wurde bei —15° feſt; durch Salz und Eismiſchung erſetzt; Verſuchswärme —18°; nach Beendigung der Feinmeſſungen beſtändig gerührt.
23,5	29,3	37,3	29,4	58,9	
24,0	30,7	38,0	31,9	55,8	
+ 20 C°.					
—	—	36,9	30,0	61,6	Vorverſuch, alte Stabform; Meſſungen und Schaulinie in anderer Weiſe ausgeführt.
22,4	28,2	37,7	28,6	60,8	Vorverſuch, alte Stabform.
22,0	28,3	38,4	30,7	60,3	Alte Stabform. P nicht ſcharf beſtimmt.
—	—	35,5	29,6	51,2	Kein Schaubild genommen; B mittelſt Wage gefunden; Fließen tritt plötzlich ein.
—	—	39,1	32,3	59,3	Kein Schaubild; B mittelſt Wage gefunden, unſicher, da nicht mit 0,25 t vorgegangen. Waſſerleitungsdruck ſchwach, Streckgeſchwindigkeit kleiner als 1 %.
20,8	30,1	39,8	32,5	59,6	Alte Stabform; Spiegel vor Streckgrenze entfernt.
20,8	26,8	33,9	28,9	57,4	
21,5	28,4	37,2	30,4	58,6	
+ 100 C°.					
—	—	20,4	14,0	45,4	Feinmeſſungen unſicher, P etwas zu hoch; B mittelſt Wage gefunden; Z unſicher.
10,1	14,1	22,5	14,7	52,3	Spiegel vor Streckgrenze entfernt.
15,4	19,6	20,9	13,5	55,0	
[12,8]	[16,9]	21,0	14,1	50,9	
+ 200 C°.					
—	—	19,8	16,3	44,7	Trommel vom Uhrwerk bewegt. Erſter Verſuch im Paraffinbad.
13,5	16,4	21,0	16,6	38,6	Ruckweiſes Fließen.
12,3	16,4	20,5	16,7	43,5	Spiegel vor Streckgrenze entfernt.
—	—	18,2	14,1	41,9	Kein Schaubild; ruckweiſes Fließen mit Dröhnen im Stabe. Z unſicher.
—	—	18,6	15,5	38,8	Kein Schaubild; Feinmeſſungen unſicher; ruckweiſes Fließen; Z unſicher.
[12,9]	[16,4]	19,6	15,8	41,5	

Digitized by Google

Nr. des Stabes	Datum der Versuchsausführung	Art des Bades	Aus den Feinmessungen								Aus dem Schau-		
			bei Zimmerwärme		bei Versuchswärme						bei Versuchs-		
			Dehnung für 1 t % × 10⁴	Elastizitätsmodul kg/qmm	Dehnung für 1 t. % × 10⁴	Elastizitätsmodul kg/qmm	Spannung kg/qmm		Dehnung % × 10³		Spannung kg/qmm		
							Proportionalitätsgrenze	Streckgrenze	Proportionalitätsgrenze	Streckgrenze	Streckgrenze	Traggrenze	beim Bruch
			$\Delta\delta$	E	$\Delta\delta$	E	σP	σS	δP	δS	σS	σB	σZ
													Wärmestufe
33	9. 11. 88	Metall	150	20 500	166	18 600	10,9	15,6	59	95	16,0	47,5	46,3
17	19. 11. 88	Desgl.	145	20 900	158	19 100	—	—	—	—	15,7	47,2	42,6
43	26. 11. 88	Desgl.	154	20 700	170	18 800	9,6	—	51	—	16,9	47,5	47,1
		Mittel	150	20 700	165	18 800	[10,3]	[15,6]	[55]	[95]	16,2	47,4	45,3
													Wärmestufe
16	19. 7. 88	Metall	157	20 500	170	17 600	6,8	12,0	38	66	14,1	34,5	20,7
34	15. 11. 88	Desgl.	151	20 500	172	17 900	6,3	10,9	35	81	12,8	30,9	17,5
44	17. 11. 88	Desgl.	155	20 600	172	18 100	6,4	11,1	35	66	12,7	36,9	28,9
		Mittel	154	20 500	171	17 900	6,5	11,3	36	71	13,2	34,1	22,4
													Wärmestufe
18	19. 12. 88	Metall	143	21 000	[195]	[15 400]	[4,6]	—	[30]	—	11,9	20,1	8,2
32	21. 12. 88	Desgl.	148	20 900	[208]	[15 200]	[4,7]	—	[68]	—	11,4	20,2	8,3
45	28. 12. 88	Desgl.	149	21 400	[218]	[14 600]	[3,2]	—	[33]	—	8,9	17,6	6,0
		Mittel	147	21 100	[205]	[15 100]	[4,2]	—	[42]	—	10,7	19,3	7,5
													Wärmestufe
19	20. 12. 88	Blei	140	21 500	198	15 300	[2,3]	[3,1]	[15]	[22]	6,8	11,7	0,9
37	22. 12. 88	Desgl.	146	20 700	—	—	—	—	—	—	6,2	11,7	2,5
46	29. 12. 88	Desgl.	153	20 700	280	11 400	[1,6]	[3,2]	[14]	[42]	4,1	8,6	0,6
		Mittel	146	21 000	[239]	[13 400]	[2,0]	[3,2]	[15]	[32]	5,7	10,7	1,3
													Härte-
													Wärmestufe
113	20. 8. 89	Wasser und Spiritus — 16 C°.	155	20 600	153	20 800	13,5	29,5	65	144	27,4	47,5	42,4
122	21. 8. 89	Desgl.	152	20 900	151	21 100	16,7	24,7	79	147	27,1	46,2	35,7
155	22. 8. 89	Salz u. Eis — 20°	150	21 100	149	21 100	16,6	24,4	78	135	26,5	46,7	43,8
164	28. 8. 89	Desgl.	150	21 000	149	21 100	16,5	28,4	78	124	26,4	46,4	36,0
		Mittel	152	20 900	151	21 000	15,8	26,8	75	138	26,9	46,7	39,5

Digitized by Google

bild / wärme		Nach dem Bruch			
Dehnung %		Dehnung % auf		Quer-schnitts-vermin-derung	Bemerkungen
Trag-grenze	beim Bruch	je 50 mm	je 100 mm		
δB	δZ	$\delta 50$	$\delta 100$	q	
+ 300 C°.					
15,4	20,3	23,4	20,3	23,1	Bad sehr zähflüssig; Spiegel kommen nicht zur Ruhe
13,8	20,2	26,1	21,5	27,5	Metallbad wird unten mehrmals fest; Feinmessungen unsicher. P u. S nicht bestimmbar.
13,5	18,2	19,5	18,3	18,2	Spiegel vor Streckgrenze entfernt.
14,2	19,6	23,0	20,0	22,9	
+ 400 C°.					
10,9	36,7	58,3	36,8	67,6	Erster Versuch im Metallbad (etwa 1 Zinn, 4 Blei), zwei Einschnürungen.
7,3	26,0	47,9	34,1	64,1	Spiegel ziemlich ruhig. Ofen nur zu ¾ mit Metall gefüllt.
13,7	25,5	45,2	34,2	40,8	Feinmessungen unsicher, Spiegel nicht ganz zur Ruhe gekommen. Ablesungen schwanken, etwa 10 Einheiten.
10,6	29,4	50,5	35,0	57,5	
+ 500 C°.					
8,0	38,7	63,1	49,6	78,7	Spiegel vor Streckgrenze entfernt.
8,1	51,1	—	—	77,5	Desgl. zwei Einschnürungen. Theilungen nicht erkennbar.
9,8	38,8	68,0	51,0	82,5	Spiegel vor Streckgrenze entfernt.
8,6	42,9	[65,6]	[50,3]	79,6	
+ 600 C°.					
7,2	69,9	96,4	74,9	92,6	Ofen dunkelroth glühend; schwankende Ablesungen. Fließgeschwindigkeit erst $< 1\%$ min., dann $> 2\%$ min. Geschwindigkeitszunahme um 1% gab Spannungszunahme von etwa 10%.
17,1	59,0	98,2	78,5	90,1	Ofen dunkelroth glühend; keine Feinmessungen.
26,8	50,4	—	—	88,9	Ofen dunkelroth glühend; schwankende Ablesungen; Theilung nicht mehr erkennbar.
17,0	59,8	[97,3]	[76,7]	90,5	
Stufe II.					
— 20 C°.					
20,6	23,8	30,7	25,7	39,2	
22,6	31,0	36,9	32,0	56,4	
20,3	31,3	26,9	28,5	40,4	Vor dem Aufnehmen der Schaulinie wird Kältemischung nachgefüllt.
19,6	24,5	32,1	25,9	58,7	Desgl.
20,8	25,2	31,7	26,8	48,7	

Digitized by Google

Nr. des Stabes	Datum der Versuchsausführung	Art des Bades	Aus den Feinmessungen								Aus dem Schaubild		
			bei Zimmerwärme		bei Versuchswärme						bei Versuchswärme		
			Dehnung für 1 t. $\% \times 10^1$	Elastizitätsmodul kg/qmm	Dehnung für 1 t. $\% \times 10^1$	Elastizitätsmodul kg/qmm	Spannung kg/qmm		Dehnung $\% \times 10^3$		Spannung kg qmm		
							Proportionalitätsgrenze	Streckgrenze	Proportionalitätsgrenze	Streckgrenze	Streckgrenze	Traggrenze	beim Bruch
			$\Delta\delta$	E	$\Delta\delta$	E	σP	σS	δP	δS	σS	σB	σZ
													Wärmestufe
156	27. 7. 88	—	150	21 000	150	21 000	15,0	—	71	—	23,4	43,5	37,2
114	17. 10. 88	—	150	21 100	150	21 100	16,6	26,8	79	127	25,2	45,4	39,4
123	18. 10. 88	—	152	20 800	152	20 800	19,7	25,2	95	103	23,7	42,3	31,5
		Mittel	151	21 000	151	21 000	17,1	[26,0]	82	[115]	24,1	43,7	36,0
													Wärmestufe
115	19. 10. 88	Paraffin	153	20 800	(154)	(20 600)	(13,5)	25,5	(66)	112	24,2	44,9	38,5
124	24. 10. 88	Desgl.	150	21 100	154	20 700	16,7	23,9	81	111	22,9	42,0	33,8
157	29. 10. 88	Desgl.	155	20 800	(160)	(19 600)	(22,9)	24,4	(116)	108	24,0	44,8	40,0
		Mittel	153	20 700	[154]	[20 700]	[16,7]	24,6	[81]	110	23,7	43,9	37,4
													Wärmestufe
159	20. 7. 88	Paraffin	154	20 400	162	19 500	18,1	—	93	—	23,3	54,9	52,4
116	20. 10. 88	Desgl.	149	21 100	(156)	(20 200)	(22,9)	23,7	(113)	110	24,0	56,5	52,7
125	25. 10. 88	Desgl.	152	20 700	159	19 800	19,7	22,1	99	94	22,7	53,0	46,1
		Mittel	152	20 700	[161]	[19 500]	[18,9]	[22,9]	[96]	[102]	23,3	54,8	50,4
													Wärmestufe
117	23. 11. 88	Metall	152	20 900	167	19 100	11,1	—	58	—	21,1	54,5	54,1
127	24. 11. 88	Desgl.	151	21 100	164	19 400	14,3	—	74	—	19,5	50,3	43,6
158	13. 12. 88	Desgl.	150	21 000	—	—	—	—	—	—	22,1	53,9	53,9
		Mittel	151	21 000	[166]	[19 300]	[12,7]	—	[66]	—	20,9	52,9	50,5
													Wärmestufe
118	21. 11. 88	Metall	153	20 800	174	18 200	11,1	14,3	61	71	16,6	42,7	34,4
128	12. 12. 88	Desgl.	148	21 300	170	18 500	11,0	—	60	—	15,8	43,2	30,0
160	17. 12. 88	Desgl.	147	21 300	172	18 200	—	—	—	—	16,1	43,8	34,7
		Mittel	149	21 100	172	18 300	[11,1]	[14,3]	[61]	[71]	16,2	43,2	33,0
													Wärmestufe
120	23. 1. 89	Blei	150	21 000	—	—	—	—	—	—	14,5	22,1	9,2
162	6. 2. 89	Desgl.	151	20 700	206	15 200	—	—	—	—	12,2	21,6	8,4
129	9. 2. 89	Desgl.	151	21 100	210	15 200	—	—	—	—	12,7	24,2	11,3
		Mittel	151	20 900	[208]	[15 200]	—	—	—	—	13,1	22,6	9,8

Digitized by Google

bild wärme		Nach dem Bruch			Bemerkungen
Dehnung %		Dehnung % auf		Quer-schnitts-vermin-derung	
Trag-grenze	beim Bruch	je 50 mm	je 100 mm		
δB	δZ	$\delta 50$	$\delta 100$	q	
+ 20 C°.					
20,8	27,1	32,4	27,2	43,5	Spiegel vor Streckgrenze entfernt. Fließgeschwindigkeit meistens < 1 %.
21,9	26,3	31,2	26,6	46,4	
24,5	31,6	40,2	32,5	56,2	
22,4	28,3	34,6	28,9	48,7	
+ 100 C°.					
9,9	17,8	22,4	15,8	43,9	P beeinflußt, weil Stab vor Kaltversuch bis 6 t belastet. $P < 6\,t < S$.
11,2	15,3	27,0	18,1	51,6	Fließen tritt plötzlich ein.
9,5	11,6	19,4	12,9	35,6	P beeinflußt, weil Stab vor Warmversuch über Fließgrenze belastet.
10,2	14,9	22,9	15,6	43,7	
+ 200 C°.					
9,5	13,6	17,0	14,1	28,4	Spiegel vor Streckgrenze entfernt.
11,5	15,0	17,4	14,3	28,4	Feinmessungen unsicher ($\sigma P = 16{,}6$?). Fließen ruckweise.
13,0	15,8	21,0	16,1	42,9	Fließen ruckweise, mehrfaches Dröhnen.
11,3	14,8	18,5	14,8	33,2	
+ 300 C°.					
17,5	19,5	21,0	19,9	19,1	Ablesungen schwanken um 10 Einheiten.
17,7	26,2	28,6	25,3	36,0	Spiegel vor Streckgrenze entfernt. Dröhnen im Stabe, zwei Einschnürungen.
10,8	10,8	—	—	(9,6)	Versuchswärme wird auf 280° geschätzt, q nicht sicher bestimmbar.
15,3	18,8	[24,8]	[22,6]	[27,6]	
+ 400 C°.					
18,2	25,8	37,9	29,5	46,8	Ofen verändert, so daß an der tiefsten Stelle des Bades noch zwei Bunsenbrenner angebracht werden konnten.
13,1	23,4	36,5	27,7	58,0	Spiegel vor Streckgrenze entfernt.
12,5	26,3	35,8	31,4	46,9	Spiegel vor der P-Grenze entfernt.
14,6	25,2	36,7	29,5	50,6	
+ 500 C°.					
7,3	37,7	63,8	49,5	79,5	Feinmessungen nicht ausgeführt.
6,3	33,6	56,5	45,0	81,9	Feinmessungen sehr unsicher. Spiegel vor Streckgrenze entfernt.
5,8	30,9	56,1	40,8	77,3	Wie bei 162.
6,5	34,1	58,8	44,9	79,5	

Digitized by Google

Nr. des Stabes	Datum der Versuchsausführung	Art des Bades	Aus den Feinmessungen								Aus dem Schau-		
			bei Zimmerwärme		bei Versuchswärme						bei Versuchs-		
							Spannung kg/qmm		Dehnung % × 10³		Spannung kg/qmm		
			Dehnung für 1 t. % × 10⁴	Elastizitätsmodul kg/qmm	Dehnung für 1 t. % × 10⁴	Elastizitätsmodul kg/qmm	Proportionalitätsgrenze	Streckgrenze	Proportionalitätsgrenze	Streckgrenze	Streckgrenze	Traggrenze	beim Bruch
			$\Delta\delta$	E	$\Delta\delta$	E	σP	σS	δP	δS	σS	σB	σZ
													Wärmestufe
121	5. 2. 89	Blei	150	21 100	254	12 400	—	—	—	—	7,3	11,4	0,6
130	7. 2. 89	Desgl.	149	21 100	264	11 900	—	—	—	—	7,3	10,4	0,3
168	8. 2. 89	Desgl.	148	21 200	270	11 600	—	—	—	—	7,0	10,9	1,6
		Mittel	149	21 100	263	12 000	—	—	—	—	7,2	10,9	0,8
													Härte-
													Wärmestufe
238	23. 8. 89	Salz und Eis . .	148	21 100	147	21 200	22,7	30,	107	138	28,1	49,7	38,4
246	24. 8. 89	Desgl. . .	151	20 700	150	20 900	16,7	28,7	65	130	28,0	49,0	36,3
255	26. 8. 89	Desgl. . .	152	20 600	150	20 800	13,6	26,3	50	137	28,3	51,6	41,1
		Mittel	150	20 800	149	21 000	17,7	28,5	74	135	28,1	50,1	38,6
													Wärmestufe
239	22. 11. 88	—	156	20 100	156	20 100	—	—	—	—	26,5	47,3	35,3
248	3. 2. 89	—	159	20 000	159	20 000	25,5	28,7	125	125	27,3	46,8	34,1
256	28. 9. 89	—	149	21 100	149	21 100	26,0	28,4	123	123	27,1	47,0	34,1
		Mittel	155	20 400	155	20 400	[25,8]	28,6	124	124	26,9	47,0	34,5
													Wärmestufe
249	22. 10. 88	Paraffin.	152	21 000	155	20 500	19,9	24,7	97	112	26,1	47,8	37,6
240	26. 10. 88	Desgl.	151	20 900	154	20 500	22,9	26,8	111	126	25,9	47,3	37,2
258	3. 11. 88	Desgl.	152	20 700	155	20 300	22,9	26,8	112	128	25,9	45,1	36,0
		Mittel	152	20 900	155	20 400	21,9	26,1	107	122	26,0	46,7	36,9
													Wärmestufe
250	23. 10. 88	Paraffin.	151	20 900	158	20 000	16,6	25,2	83	159	25,2	58,0	57,7
241	27. 10. 88	Desgl.	151	20 800	159	19 800	[19,7]	24,4	100	112	24,6	55,5	49,2
259	5. 11. 88	Desgl.	151	20 900	158	19 900	16,6	26,8	83	131	23,7	57,4	49,3
		Mittel	151	20 900	158	19 900	[17,6]	25,5	89	134	24,5	57,0	52,2

Digitized by Google

bild wärme		Nach dem Bruch			
Dehnung %		Dehnung % auf		Quer-schnitts-vermin-derung	Bemerkungen
Trag-grenze	beim Bruch	je 50 mm	je 100 mm		
δB	δZ	$\delta 50$	$\delta 100$	q	
+ 600 C°.					
4,6	65,3	116,5	79,3	97,5	Feinmessungen sehr unsicher. Ofen dunkelroth glühend.
3,6	52,1	92,9	68,7	95,8	Desgl.
5,5	57,4	81,4	53,8	94,6	Desgl.
4,6	58,3	96,6	67,3	96,0	
Stufe III.					
— 20 C°.					
19,2	24,1	33,3	25,9	57,2	
22,9	30,1	37,2	30,0	61,5	
18,5	22,9	30,8	24,8	53,8	
20,2	25,7	33,8	26,9	57,5	
+ 20 C°.					
20,7	28,7	36,0	28,5	60,6	Spiegel vor P-Grenze entfernt.
19,8	28,4	36,8	28,4	60,9	Bruchfläche zeigt ringförmigen Riß.
21,2	28,3	37,4	28,9	63,1	
20,6	28,5	36,7	28,6	61,5	
+ 100 C°.					
13,2	18,4	24,0	18,0	55,7	Meßstangen haben locker gesessen. Feinmessungen unsicher.
14,4	18,2	25,6	18,8	54,3	Bei Feinmessungen wird vor jeder Einstellung gerührt.
13,4	14,2	26,8	19,0	56,2	Fließen tritt plötzlich ein.
13,7	16,9	25,5	18,6	55.4	
+ 200 C°.					
12,8	13,5	12,6	11,8	22,4	Fließen ruckweise.
9,4	13,5	18,2	13,5	42,9	Feinmessungen unsicher; Versuchslänge zu groß.
10,2	13,8	17,3	13,3	43,5	
10,8	13,6	16,0	12,9	36,3	

Digitized by Google

Nr. des Stabes	Datum der Versuchsausführung	Art des Bades	Aus den Feinmessungen								Aus dem Schau-		
			bei Zimmerwärme		bei Versuchswärme						bei Versuchs-		
			Dehnung für 1 t. % × 10¹	Elastizitätsmodul kg/qmm	Dehnung für 1 t. % × 10¹	Elastizitätsmodul kg/qmm	Spannung kg/qmm		Dehnung % × 10²		Spannung kg/qmm		
							Proportionalitätsgrenze	Streckgrenze	Proportionalitätsgrenze	Streckgrenze	Streckgrenze	Tragrenze	beim Bruch
			$\Delta\delta$	E	$\Delta\delta$	E	σP	σS	δP	δS	σS	σB	σZ
													Wärmestufe
242	15. 2. 89	Metall	150	21 100	165	19 100	18,9	21,3	99	109	21,5	42,3	40,7
251	20. 2. 89	Desgl.	150	21 300	164	19 200	12,6	21,3	66	101	22,7	45,7	44,8
260	21. 2. 89	Desgl.	149	21 200	165	19 100	18,9	21,3	99	108	21,8	46,1	42,3
		Mittel	150	21 200	165	19 100	16,8	21,3	88	106	22,0	44,7	42,6
													Wärmestufe
243	16. 2. 89	Metall	147	21 100	170	—	—	15,6	—	101	16,9	41,9	37,5
252	22. 2. 89	Desgl.	150	21 000	172	—	—	15,8	—	98	18,3	44,5	32,5
261	23. 2. 89	Desgl.	150	21 000	172	—	—	15,8	—	97	17,4	43,5	38,5
		Mittel	149	21 000	171	—	—	15,7	—	99	17,5	43,2	36,2
													Wärmestufe
244	18. 2. 89	Blei	148	21 200	202	15 400	—	12,6	—	—	14,2	[28,7]	[16,4]
253	25. 2. 89	Desgl.	150	21 000	195	16 100	—	11,8	—	—	15,8	26,8	11,0
262	26. 2. 89	Desgl.	150	21 000	210	14 700	—	12,6	—	—	14,5	24,2	11,7
		Mittel	149	21 100	202	15 400	—	12,0	—	—	14,8	[26,6]	[13,0]
													Wärmestufe
245	19. 2. 89	Blei	150	21 000	225	14 000	—	—	—	—	9,6	14,2	3,5
254	27. 2. 89	Desgl.	152	20 900	223	14 300	—	—	—	—	9,2	13,1	1,6
263	28. 2. 89	Desgl.	149	21 200	210	15 000	—	—	—	—	9,8	12,9	1,6
		Mittel	150	21 000	219	14 400	—	—	—	—	9,6	[13,4]	[2,2]

Digitized by Google

bild / wärme		Nach dem Bruch			
Dehnung %		Dehnung % auf		Querschnittsverminderung	Bemerkungen
Traggrenze	beim Bruch	je 50 mm	je 100 mm		
δB	δZ	$\delta 50$	$\delta 100$	q	
+ 300 C°.					
4,7	10,5	—	—	8,5	Bruch im untersten Querschnitt der Versuchslänge.
4,4	8,3	—	—	7,6	Bruch im untersten Querschnitt der Versuchslänge. Kurz vor dem Bruch dumpfer Ton im Stabe, eigentlicher Bruch in zwei Absätzen: erst schwacher Ruck mit dumpfem Ton, dann starker Knall.
5,9	6,3	—	—	9,5	Bruch im untersten Querschnitt der Versuchslänge. Bruchvorgang: Schwacher Knall, Ventil geschlossen, dann nach 5 bis 10 Sekunden starker Knall, eigentlicher Bruch.
5,0	8,4	—	—	8,5	
+ 400 C°.					
11,7	25,9	36,4	30,7	37,8	Unruhige Bilder, Proportionalität scheint nicht vorhanden zu sein.
13,0	34,1	[46,7]	[34,7]	54,3	Ergebniß der Feinmessungen wie bei Stab 248. Theilungen nicht erkennbar, zwei Einschnürungen.
16,3	24,9	34,1	27,4	41,3	Feinmessungen wie bei Stab 248.
13,7	28,3	[39,1]	[30,9]	44,5	
+ 500 C°.					
[14,1]	26,3	43,3	32,8	68,8	Schwankende Ablesung. Bis zum Bruch gerührt. Schaubild daher etwas andere Gestalt.
8,3	49,5	79,7	60,4	77,3	Schwankende Ablesungen.
7,4	37,1	49,3	41,3	76,3	Theilungen nicht genau erkennbar. Schwankende Ablesungen.
[9,9]	37,6	57,4	44,8	74,1	
+ 600 C°.					
11,6	33,0	65,5	47,8	86,8	Ablesungen sehr schwankend. Proportionalität nicht vorhanden. Spiegel vor Streckgrenze entfernt. Bis zum Bruch gerührt, Schaubild daher etwas andere Gestalt.
2,8	50,1	91,8	67,9	89,5	Ablesungen sehr schwankend.
4,3	38,8	88,5	55,1	92,1	Ablesungen schwankend.
6,2	40,6	80,3	56,9	89,3	

Digitized by Google

Tabelle 6.

Härtestufe I—III.

Versuchsergebnisse.

Härtegrad I.

Nr. des Stabes	Temperatur	Zeitdauer des Versuchs Min.	Ganzer Kolbenweg mm	Ganze Stabverlängerung mm	Umgerechnete Schaubildlänge mm	Dehnung der Versuchslänge Δl mm	Durchschnittliche Dehnung Δl in 1 Min. mm	Entfernung des Bruches vom obern Ende mm	Bruchfläche	Oberfläche
29	— 20°	23	62,0	59,0	61,1	52,8	2,3	—	Mattgrau, schief zur Achse, kurzschuppig, sehr unregelmäßig.	Krispelig, 1 Längsnaht.
38	„	26	77,4	75,8	76,5	67,1	2,6	225	Mattgrau, kurzschuppig, Trichter.	
12	„	24	80,0	77,4	79,5	69,4	2,9	228	Mattgrau, kurzschuppig, Trichter, deutliche Bruchlinien.	Krispelig.
71	„	27,5	69,0	67,3	68,2	59,6	2,2	45	Mattgrau, kurzschuppig, Trichter.	
2*)	+ 20°	—	—	(59,1)	71,8	59,0	—	215		Krispelig.
3*)	„	—	—	(58,5)	73,5	57,0	—	160	Mattgrau, kurzschuppig, Trichter, Grund uneben.	Krispelig, Fließfiguren.
4*)	„	—	—	(63,4)	72,7	62,2	—	153		
30	„	—	66,3	64	64,0	57,5	—	97	Mattgrau, kurzschuppig, unregelmäßig, härtere Adern.	Krispelig, Längsn. i. d. Nähe des Bruches.
39	„	—	—	69,0	—	62,8	—	144		
5	„	25,5	67,8	67,8	67,1	65,9	2,6	167	Mattgrau, kurzschuppig, Trichter.	Krispelig.
72	„	31	62,2	61,8	61,6	55,4	1,8	50		
31	+100°	—	34,5	32,5	—	25,6	—	203	Mattgrau, kurzschuppig, unregelmäßiger Trichter.	Krispelig, Querrisse n. der Bruchstelle.
13	„	—	38,0	36,4	37,2	28,3	—	212	Mattgrau, kurzschuppig, starker Trichter.	Krispelig.
40	„	—	37	35,3	36,9	24,7	—	211		
36	+200°	(25)	—	—	—	—	—	212		
15	„	—	52,5	50,6	52,1	32,3	—	207		
74	„	(25)	51,7	48,9	51,2	31,6	—	209	Mattgrau, kurzschuppig, starker Trichter.	Krispelig.
41	„	—	47,3	44,5	—	27,9	—	210		
33	„	—	52,9	49,2	—	31,0	—	211		
33	+300°	—	51,3	50,3	50,9	41,5	—	120	Schuppig, sehr unregelmäßig, keilartig.	Krispelig, blauschwarz angelaufen.
17	„	—	50,5	49,7	50,3	41,0	—	48	Schief zur Achse, schuppig, unregelmäßig.	Krispelig, gelblich angelaufen.
48	„	—	46,4	42,5	45,9	34,0	—	90		
16	+400°	—	79,2	77,0	79,2	73,4	—	114	Trichter, kurzschuppig.	Blau bis braun.
34	„	—	54,5	54,5	54,3	53,3	—	37	Unregelmäßiger Trichter.	Braun.
44	„	—	56,8	55,7	56,7	51,7	—	35	Unregelmäßig, keilartig.	Braun.
18	+500°	—	80,9	80,9	80,7	80,0	—	39	Trichter.	Grauschwarz.
32	„	—	105,9	105,5	106,1	104,8	—	109	Unregelmäßiger Trichter.	Mit Blei überzogen, Längsnähte.
45	„	—	82,0	82,0	80,9	81,1	—	41	Desgl.	Grauschwarz.
19	+600°	—	148,6	148,7	148,0	147,8	—	92		Grauschwarz, Längsnähte.
37	„	—	128,3	128,8	122,9	128,1	3,0	44	Fast zur Spitze ausgezogen.	Desgl. Längsnaht.
46	„	—	105,0	105,7	104,7	105,0	2,0	52		Desgl. zahlr. Längsn.

*) Stablänge vor dem Versuch nicht gemessen.

Digitized by Google

Härtegrad II.

Nr. des Stabes	Temperatur	Zeitdauer des Versuchs Min.	Ganzer Kolbenweg mm	Ganze Stabverlängerung mm	Umgerechnete Schaubildlänge mm	Dehnung der Versuchslänge Δl mm	Durchschnittliche Dehnung Δl in 1 Min. mm	Entfernung des Bruches vom obern Ende mm	Bruchfläche	Oberfläche
113	— 20°	16	57,9	54,8	57,3	48,0	3,0	37	Mattgrau, theils feinkörnig, theils kurzschuppig, etwas unregelmäßig.	Krispelig, mit einer schwachen Längsnaht.
122	„	14	72,5	70,4	72,3	63,0	2,6	195	Mattgrau, feinkörnig eben, schwache radiale Bruchlinien.	
155	„	22½	54,9	52,5	54,7	45,2	2,0	223	Mattgrau, theilweiser Trichter, kurzschuppig, eben.	
164	„	20	59,4	56,9	58,9	48,8	2,4	227	Mattgrau, kurzschuppig, eben.	
156	+ 20°	—	—	56,4	60,7	51,8	—	103	Mattgrau, kurzschuppig, starker Trichter; Grund etwas uneben.	Krispelig.
114	„	—	60,0	59,0	61,1	52,4	—	42		
123	„	—	71,9	69,3	71,6	63,3	—	157		
115	+100°	—	35,7	33,4	34,9	27,2	—	207	Mattgrau, kurzschuppig, starker Trichter, Grund uneben.	Krispelig.
124	„	—	—	35,2	37,5	29,5	—	206		
157	„	—	30,8	29,3	29,9	23,5	—	206		
159	+200°	—	—	39,5	41,0	27,0	—	207	Mattgrau, kurzschuppig, starker Trichter, Grund uneben.	Krispelig.
116	„	—	46,0	43,3	45,8	28,7	—	212		
125	„	—	—	43,8	45,5	31,1	—	207		
117	+300°	—	50,9	48,9	50,3	39,2	—	150	Schief zur Achse, schuppig, sehr unregelm.	Krispelig.
127	„	—	64,3	60,8	63,8	51,5	—	41	Schief zur Achse, flachmuldenartig.	
158	„	—	33,2	30,6	32,3	20,7	—	9	Schief z. Achse, flachmuldenartig, schuppig.	
118	+400°	—	59,5	58,5	59,5	52,5	—	38	Trichter, Grund uneben.	Gelbbraun, angelaufen, fleckig.
128	„	—	54,7	54,9	54,7	48,8	—	36		
160	„	—	60,7	58,1	60,7	51,9	—	32	Trichter, Grund uneben, kurzschuppig.	
120	+500°	40½	78,7	78,5	78,9	78,0	1,9	39	Trichter, Grund uneben.	Grau.
162	„	33½	70,5	70,9	70,5	70,0	2,1	34		
129	„	29½	64,9	63,9	64,9	63,2	2,2	36		
121	+600°	60	135,4	135,3	135,9	134,6	2,3	76	Fast zur Spitze ausgezogen.	Grau.
130	„	50½	108,6	107,6	108,9	107,0	2,2	43		
163	„	49½	119,9	120,2	119,9	119,3	2,4	46		

Digitized by Google

Härtegrad III.

Nr. des Stabes	Temperatur	Zeitdauer des Versuchs Min.	Ganzer Kolbenweg mm	Ganze Stabverlängerung mm	Umgerechnete Schaubildlänge mm	Dehnung der Versuchslänge Δl mm	Durchschnittliche Dehnung Δl in 1 Min. mm	Entfernung des Bruches vom obern Ende mm	Bruchfläche	Oberfläche
238	— 20°	26	57,4	54,4	57,2	47,2	1,8	221	Mattgrau, kurzschuppig, eben mit schwachen Bruchlinien.	Krispelig.
246	„	24,5	69,0	65,9	68,6	59,4	2,4	131		
255	„	22,5	54,9	52,2	54,3	45,6	2,0	219		
239	+ 20°	—	65,5	63,0	65,4	57,0	—	141	Mattgrau, kurzschuppig, Trichter, etwas uneben.	Krispelig.
248	„	—	64,3	63,1	64,5	57,6	—	128	Wie vor, jedoch am Grund ringförm. Riß mit ansetzendem Spalt bis zur Oberfl.	
256	„	33	64,4	62,7	64,2	57,2	1,8	161	Mattgrau, kurzschuppig, Trichter, etwas uneben, Bruchlinien.	
249	+100°	—	43,1	41,7	43,4	36,4	—	211	Mattgrau, kurzschuppig, vollkommener Trichter, Grund mit längl. hart. Stelle.	Krispelig.
240	„	—	44,5	40,1	44,0	34,0	—	217	Mattgrau, kurzschuppig, starker Trichter, uneben.	
258	„	—	41,5	42,2	41,9	37,1	—	206		
250	+200°	—	40,5	36,3	39,4	25,0	—	23	Mattgrau, schief z. Achse (45°) unregelm., etwas Trichter, Grund klein und riffig, übrige Fläche schuppig glänzend, Fehlst.	Krispelig.
241	„	—	—	38,0	39,8	26,7	—	213		
259	„	—	41,0	38,6	40,5	26,9	—	206	Mattgrau, kurzschuppig, starker Trichter, etwas uneben.	
242	+300°	8	13,9	13,9	14,2	10,6	1,3	215	Fast keine Einschnürg., sehr unregelmäß.	Sehr fein krispelig, gelbe Anlauffarbe.
251	„	10	16,2	16,6	16,1	10,5	1,1	215	Ebenso, dreispaltiger Riß ⅄ i. d. Mitte, Wie 242.	Wie vor, aber blauschwarz angelaufen.
260	„	11	17,6	15,9	17,4	11,6	1,1	215		
243	+400°	29	58,6	57,1	58,4	52,5	1,8	28	Keilförmig, nicht an der tiefsten Stelle, eine Keilfläche glatt, die andere gefurcht, die Flächen sind muldenartig.	Grau.
252	„	37	76,0	73,5	75,4	69,0	1,9	100	Unregelm. Trichter, in der Mitte Gegentrichter, eigentl. Grund nicht vorhanden.	
261	„	26	56,2	54,0	55,7	49,7	1,9	40	Keilförmig, gr. Fläche glatt, die andere gefurcht, die Flächen sind muldenartig.	
244	+500°	26	55,6	55,2	55,6	54,2	2,1	33	Deutlicher Trichter, Grund uneben.	Grau.
253	„	48	103,4	103,9	103,6	102,8	2,1	57		
262	„	36	77,4	77,6	77,6	76,9	2,1	39		
245	+600°	32	68,9	70,4	68,8	69,9	2,2	36	Schwacher Trichter, uneben.	Grau.
254	„	46,5	103,9	104,0	104,2	103,3	2,2	45		
263	„	40	80,7	81,0	80,9	80,7	2,2	43		

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von H. S. Hermann in Berlin.

Digitized by Google

Von den im Anschluß an die „**Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten**" zur Ausgabe gelangenden

Ergänzungsheften

sind erschienen:

1887.

Heft I. **Die Festigkeitseigenschaften des Magnesiums.** Von A. Martens. Mit 3 Taf. M. 4,—

Heft II. **Untersuchungen über die Festigkeitseigenschaften und Leitungsfähigkeit an deutschem und schwedischem Drahtmateriale.** Von A. Martens. M. 2,—.

Heft III. 1. **Mikroskopische Untersuchung des Papiers.** Von W. Herzberg. Mit 2 Lichtdrucktafeln. — 2. **Ergebnisse der Prüfungen von Apparaten zur Untersuchung der Festigkeitseigenschaften von Papier.** Von A. Martens. Mit 1 Tafel. M. 5,—.

Heft IV. **Ueber Druckpapiere der Gegenwart.** Von A. Martens. M. 1,—.

1888.

Heft I. Ergänzungen zu den im 2. Ergänzungshefte 1887 veröffentlichten **Untersuchungen über Festigkeitseigenschaften und Leitungsfähigkeit an deutschem und schwedischem Drahtmateriale.** 1) **Bestimmung des elektrischen Leitungswiderstandes von Metalldrähten.** Von Prof. A. Paalzow. Mit 1 Tafel. — 2) **Zusammenhang zwischen der chemischen Zusammensetzung und dem Kleingefüge einerseits und der Leitungsgüte des Telegraphendrahtes andrerseits.** Von Dr. H. Wedding. Mit 7 Tafeln. M. 6,—.

Heft II. **Bericht über die Ergebnisse von Festigkeitsversuchen mit gelötheten Drahtseilen und Drähten.** Von A. Martens. Mit 2 Tafeln. M. 8,—.

Heft III. **Schmieröluntersuchungen.** Von A. Martens. Mit 4 Tafeln. M. 6,—.

Heft IV. **Untersuchung japanischer Papiere.** Von A. Martens. Mit 3 Tafeln. M. 5,—.

Heft V. **Bericht** über die im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe ausgeführten vergleichenden Untersuchungen von **Seilverbindungen für Fahrstuhlbetrieb.** Theil I. Ergebniß der Untersuchungen für ruhende Belastung. Von A. Martens. M. 2,60.

1889.

Heft I. **Resultate der Untersuchungen des in der Eifel vorkommenden vulkanischen Sandes in Bezug auf seine Verwendbarkeit zur Mörtelbereitung.** Von Dr. Böhme. Mit 2 Tafeln. M. 3,—.

Heft II. **Untersuchungen von natürlichen Gesteinen auf Festigkeit, specifisches Gewicht, Härtegrad, Wasseraufnahme, Cohäsionsbeschaffenheit und Wetterbeständigkeit.** Von Dr. Böhme. Mit 1 Tafel. M. 4,—.

Heft III. **Bericht** über die im Auftrage des Herrn Ministers für Landwirthschaft, Domänen und Forsten ausgeführten **Holzuntersuchungen.** Von M. Rudeloff. Mit 2 Taf. M. 7,—.

Heft IV. **Festigkeitsuntersuchungen mit Zinkblechen der schlesischen Aktien-Gesellschaft für Bergbau- und Zinkhüttenbetrieb zu Lipine O.-S.** Von A. Martens. Mit 2 Taf. M. 4,—.

Heft V. **Schmieröluntersuchungen.** Von A. Martens. (Fortsetzung zum Ergänzungsheft III. 1888.) Mit 1 Tafel. M. 10,—.

1890.

Heft I. **Versuche über die Beiz- und Rostsprödigkeit des Eisens und Stahls.** Bericht des Professors A. Ledebur in Freiberg nebst den Versuchsergebnissen der mechanisch-technischen Versuchsanstalt. M. 3,—.

Heft II. **Untersuchungen mit Eisenbahnmaterialien.** Von A. Martens. Mit 5 Tafeln. Preis M. 30,—.

Digitized by Google

Sämmtliche Apparate
zur
Untersuchung von Mineralölen,
als
Abel'sche Petroleumprober, Mineralölprober (Abel-Pensky),
Engler'sche Viscositätsmesser, Leptometer u. s. w.
empfehlen in bester Ausführung [9964]
und stehen Cataloge gratis zu Diensten.

Berthold Pensky Nachfolger,
BERLIN S.W., Wilhelmstrasse No. 122.

Verlag von **Leopold Voss** in **Hamburg**, Hohe Bleichen 18.

Neue Theorie der Reibung
von
N. P. Petroff,
Kais. Russ. Gen.-Major d. Genie-Corps, Prof. an der Mil.-Ingen.-Akademie und am Technol. Institute in St. Petersburg.
Mit Genehmigung des Verfassers aus dem Russischen übersetzt
von [7845]
L. Wurzel,
Kais. Russ. Hofrath, Ingenieur des Ministeriums der Verkehrsmittel.
Von der Kais. Russ. Akademie der Wissenschaften in St. Petersburg mit dem Lomonosowpreise gekrönte Schrift.
gr. 8. M. 5,—.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.
Monbijouplatz 3.

Elasticität und Festigkeit.
Die für die
Technik wichtigsten Sätze und deren erfahrungsmässige Grundlage.
Von
C. Bach,
Professor des Maschinen-Ingenieurwesens am K. Polytechnikum Stuttgart.
Mit in den Text gedruckten Abbildungen und 14 Tafeln in Lichtdruck.
In Leinwand gebunden Preis M. 17,50.

Chemisch-technische Untersuchungsmethoden
der
Gross-Industrie, der Versuchsstationen und Handelslaboratorien.
Unter Mitwirkung von
C. Balling, M. Barth, Th. Beckert, E. Benedikt, C. Bischof, E. Büchner, C. Councler, C. v. Eckenbrecher, O. Guttmann, W. Hersberg, P. Jeserich, C. Kretzschmar, O. Mertens, A. Morgen, R. Nietzki, A. Pfeiffer, E. Scheele, K. Stammer, A. Stutzer
herausgegeben von
Dr. Fr. Böckmann,
Chemiker der Solvay'schen Sodafabrik zu Wyhlen.
Zwei Bände.
Mit zahlreichen in den Text gedruckten Abbildungen.
Zweite vermehrte und umgearbeitete Auflage.
Preis M. 22,—; gebunden in 2 Leinwandbänden M. 24,40.

Hierzu eine Beilage von **Hermann Hurwitz & Co.** in **Berlin C.**, betreffend: Der verbesserte Tachograph.

Digitized by Google

MUS. COMP. ZOOL.

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Achter Jahrgang: 1890.

Fünftes Heft.

Berlin.
Verlag von Julius Springer
1890.

Digitized by Google

Seit 1883 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

I. Mittheilungen der Königlichen Aufsichts-Kommission. Seite

(Fehlen.)

II. Mittheilungen aus der mechanisch-technischen Versuchsanstalt.

1. Untersuchung dreier Härteprüfer (System Martens). Vom Vorsteher Professor A. Martens 215
2. Ueber Einrichtung und Ziele der Königl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt. Vom Vorsteher Professor A. Martens 237
3. Einfluß der Reibungswiderstände zwangläufiger Einspannklauen auf die Ergebnisse von Festigkeitsversuchen. Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff . . . 250

III. Mittheilungen aus der chemisch-technischen Versuchsanstalt.

(Fehlen.)

IV. Mittheilungen aus der Prüfungsstation für Baumaterialien.

1. Vergleichende Untersuchungen von Puzzolan-, Portland- und Roman-Cementen. Vom Vorsteher Professor Dr. Böhme 256

V. Kleinere Mittheilungen.

1. Ueber die Brechungskoeffizienten von fetten Oelen, Mineralölen und Harzölen . . 269

Digitized by Google

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.
Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

VIII. Jahrgang. 1890. Fünftes Heft.

II. Mittheilungen aus der mechanisch-technischen Versuchsanstalt.

1. Untersuchung dreier Härteprüfer (System Martens).

Vom Vorsteher Professor A. Martens.

a) Beschreibung des Apparates.

Grundsatz. Die Härtebestimmung erfolgt an einer ebenen, thunlichst vollkommen polirten Fläche des Körpers, indem er durch einen Diamanten von kegelförmiger Gestalt mit nahezu 90° Spitzenwinkel geritzt wird, wobei die Diamantspitze verschieden stark belastet ist. Die unter diesen Belastungen erzielten Strichbreiten liefern den Maßstab für die Härte des Materiales.

Bauart. Der Apparat besteht aus einer Laufgewichtswage, welche den Diamanten trägt und einem Schlitten, welcher den Probekörper aufnimmt. Der Schlitten kann zur Erzeugung des Striches mit einer Handhabe langsam unter der Diamantspitze verschoben und, nachdem der Diamant von der Körperfläche abgehoben ist, senkrecht gegen die erste Richtung bewegt werden.

Einrichtung im Besonderen (vergl. Fig. 1 u. 2). Die Wage besteht aus dem Balken a, welcher mit seiner Mittelschneide b in einer mit Vertiefung versehenen zweitheiligen Pfanne des Ständers c ruht. Der Wagebalken trägt links den Diamanten d und rechts die als Laufgewicht wirkende Rolle e, welche in ihrer Nullstellung durch das an der Schneide g aufgehängte Gewicht f ausgeglichen wird. Zur Verschiebung der Rolle dient die Handhabe h, welche den Rollenhalter i auf zwei seitlich vom Wagebalken angebrachten Führungsstangen k verschiebt. Diese Führungsstangen k finden ihre Stützpunkte in den Ständern c und l; in letzterem ist auch die Handhabe h geführt. Der Rollenträger ist mit einer Zeigermarke m versehen, welche an der auf dem Wagebalken angebrachten Theilung n die Belastung in Grammen ablesen läßt, welche die Diamantspitze infolge der Stellung der Rolle e erfährt. Die Rolle e ist sehr leicht beweglich in Spitzen durch den Arm o gehalten, welcher ebenfalls in Spitzen am Rollenträger gelagert und durch die verstellbaren Gegengewichte p so ausgeglichen ist, daß er seinerseits das Moment der Rolle e nicht zu verändern vermag. Zur Ausrückung und Feinbewegung der Wage sind am Ständer c die Vorkehrungen q und r getroffen.

Digitized by Google

Die Ausrückung q besteht aus einem um 90° drehbaren gabelförmigen Hebel, welcher in seiner tiefsten Lage die Zunge s der Wage soweit nach links dreht, daß die Diamantspitze ausreichend hoch vom Probekörper abgehoben wird; zugleich aber veranlaßt die Gabel, da sie die runde Zunge zwischen sich nimmt, daß die Schneide b stets wieder die gleiche Lage in ihrer Pfanne einnimmt, falls ja einmal eine Verschiebung eingetreten sein sollte. Die Ausrückung wird nach Beendigung des Versuches benutzt, um den Apparat in Ruhe zu versetzen; die Feinbewegung r hingegen, um während des

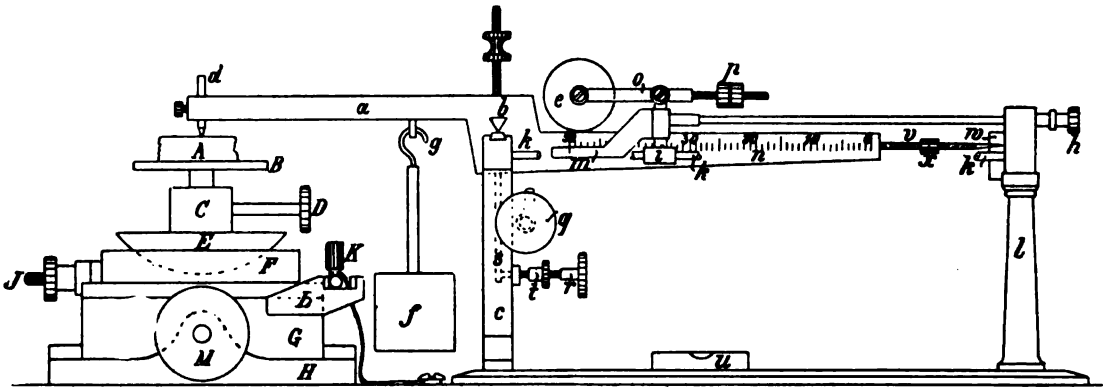


Fig. 1.

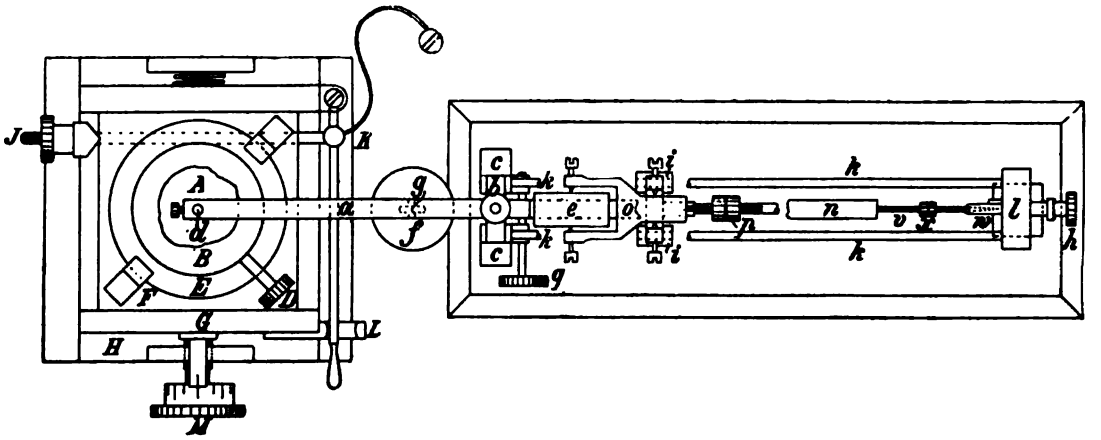


Fig. 2.

Ritzens die Diamantspitze nur gerade so viel abzuheben, daß sie zur Erzielung des folgenden Striches nothwendige Seitenverschiebung des Probekörpers ungehindert geschehen kann. Die Feinbewegung besteht aus einer gegen das flache Ende der Zunge s wirkenden Schraube mit verändertem Kopf. Die Schraube ist mit einer absichtlich schwergehend gemachten Mutter t versehen, welche einen Anschlagstift trägt. Dieser Stift gestattet nur eine beschränkte Drehung der Schraube r, wenn nicht unter Anwendung von etwas mehr Kraft eine Drehung der Schraube r in der Mutter t herbeigeführt wird; hierdurch ist es möglich, das Spiel des Diamanten zu regeln. Nachdem mittelst der drei Fußschrauben des Instrumentes die Dosenlibelle u zum Einspielen gebracht und die Ausrückung q freigemacht ist, wird die Feinbewegung r so eingestellt, daß in

Digitized by Google

ihrer Anfang- und Endlage der Zeiger v der Wage gleichweit von der am Ständer 1 angebrachten Einspielmarke absteht. Alsdann ist nach Einstellung des Laufgewichtes auf Null das Gegengewicht x so lange zu verschieben, bis der Zeiger v auf die Marke w einspielt. Nun ist die Wage vollständig zum Versuch hergerichtet.

Der Träger für den Probekörper besteht aus einem Schlittenwerk, welches sowohl die beiden bereits genannten Bewegungen des Probekörpers, als auch die Einstellung von dessen zu prüfender Fläche in diejenige Horizontalebene gestattet, in welche die Diamantspitze bei richtiger Einstellung der Wage einspielt. Nachdem der Schlitten F mit allen darauf befindlichen Theilen soweit wie möglich nach links herausgezogen ist, wird der Probekörper A entweder mit Bienenwachs oder mit einem aus 1 Theil Bienenwachs und 3 Theilen Kolophonium zusammengeschmolzenen Kitt auf die obere Fläche des Tellers B gekittet. Um das Herausziehen des Schlittens zu ermöglichen, ist seine Verbindung mit dem Hebel k zu lösen, wovon später noch zu reden sein wird. Der Teller B läßt sich zur Einstellung in die richtige Horizontalebene senkrecht in der Führung G verschieben und durch die Schraube D feststellen. Um nöthigenfalls auch die Probefläche unregelmäßig geformter Stücke in die Horizontale stellen zu können, ist der Tellerträger G mit dem Kugelabschnitt E verbunden, welcher auf dem Schlitten F gelagert ist. Damit die Kugel auf einfache Weise sicher in der ihr gegebenen Lage beharre, sind ihre Lagerflächen mit einer sehr zähen Schmiere aus Bienenwachs und Talg geschmiert, sodaß man eine gewisse Kraft aufwenden muß, um die Kugel in eine andere Lage zu bringen. Da aber bei der Untersuchung von Metallen es in der Regel leicht sein wird, Körper mit parallelen Flächen zu verwenden, so ist durch Anbringung von 2 Klammern Sorge getragen, daß auf Wunsch der Teller B ein für alle Mal horizontal gestellt werden kann. Nach dem Aufkitten des Probekörpers wird der Schlitten F hineingeschoben und durch Einstecken des am Seidenfaden befestigten Stiftes mit dem Hebel k wieder verbunden. Der Schlitten kann dann mit dem zwischen den Anschlägen an L sich bewegenden Hebel k in der Richtung des Wagebalkens mit seiner Bewegung um etwa 1 mm hin und her geschoben werden. Die zu dieser Richtung senkrechte Verstellung des Probekörpers wird mittelst des auf der Unterlage H laufenden Schlittens G durch die mit Theilung versehene Schraube M bewirkt, welche eine Verschiebung um etwa 12 mm gestattet. Um auf dem gleichen Probestücke mehrere Gruppen von Strichen ziehen zu können, ist am Schlitten F noch die Stellschraube J angebracht, welche eine Verschiebung des Schlittenkörpers von im Ganzen etwa 15 mm gegen den Verbindungspunkt mit dem Hebel k zuläßt.

Der ganze Apparat ist auf einer mit drei Fußschrauben versehenen Mahagoniplatte montirt und mit einem Glaskasten zum Schutz vor Staub versehen. Ihm ist ein aufgekitteter Probekörper, eine Stange Kitt und ein Löffel zum Aufkitten beigegeben.

b) Vorschriften für die Benutzung des Apparates.

Herrichtung des Apparates.

Nachdem der Apparat, wie vorgeschrieben, hergerichtet ist, also:

1. durch Einstellen der Fußschrauben die Dosenlibellen zum Einspielen gebracht,
2. nach Freimachung der Ausrückvorrichtung q die Feinbewegung r so geregelt ist, daß ein gleichmäßiges Spiel des Zeigers v um die Marke w vorhanden ist,

Digitized by Google

3. und nach Nullstellung des Laufgewichtes e die Gegengewichte x so gestellt sind, daß der Zeiger v auf die Marke w einspielt,
4. ferner nach Aufkitten und Horizontaleinstellung des Probekörpers A, Einschiebung des Schlittens F und Höheneinstellung des Probekörpers bis bei Berührung von Diamantspitze und Probefläche der Zeiger v auf w einspielt,
5. nach Abheben des Diamanten durch Festmachung der Ausrückung q,
6. und nach Verbindung des Schlittens F mit dem Hebel k vermittelst des am Seidenfaden befestigten Stiftes

ist er zum Versuch bereit.

Versuchsausführung:

Unter verschiedenen Belastungen des Diamanten sollen mehrere Strichgruppen neben einander erzielt werden. Damit etwaige Verschiedenheiten in der Härte der zu prüfenden Fläche und die unvermeidlichen Fehler des Apparates und der Versuchsausführung möglichst ausgeglichen werden, ist es nothwendig, die zu einer Messungsreihe gehörigen Strichgruppen auf einen engen Raum zu beschränken und unter jeder Belastung mehrere Striche neben einander zu ziehen. Deswegen und mit Rücksicht auf die später mitzutheilenden Prüfungsergebnisse empfiehlt es sich, folgenden Gang bei der Härteprüfung inne zu halten:

1. Bei den Belastungen (Einstellungen der Rolle auf die Theilstriche) 10, 15, 20, 25 und 30 g werden je 3 oder noch besser je 5 Striche gezogen, welche so angeordnet sind, daß sie gruppenweise von einander getrennt erscheinen.
2. Bei der Belastung von 20 g werden in Gruppen von je fünf, 15 oder noch besser 25 Striche gezogen.

Beide Verfahren geben, wie später nachgewiesen wird, nahezu die gleichen Werthe. Das zweite ist etwas einfacher und bequemer in der Ausführung.

Um die Striche in regelmäßiger Folge und in Gruppen neben einander zu erhalten, ist nach jeder Ritzung die Schraube M um eine halbe oder eine ganze Theilung beim Uebergang von einer Gruppe zur andern aber um den doppelten Betrag zu verstellen.

Vor jeder Ritzung ist selbstredend der Diamant mit Hülfe der Feinbewegung langsam und ohne Stoß auf die Probefläche aufzusetzen und nach jeder Ritzung wieder abzuheben. Damit der Diamant ohne jedes Hinderniß vollkommen frei arbeiten kann, muß die Feinbewegung in jeder Lage so weit gedreht werden, bis man den Anschlag deutlich fühlt. Die Ritzung muß stets in der Richtung des auf dem Apparate angebrachten Pfeiles erfolgen, da die Strichbreiten in beiden Richtungen verschieden sein werden. Jeder Strich darf nur einmal gezogen werden. Beim Ziehen des Striches ist der Hebel k langsam und so gleichmäßig wie möglich zu bewegen. Die Geschwindigkeit der Bewegung kann von Einfluß auf die Strichbreite werden; bei stoßweiser Bewegung macht der Diamant Sprünge und veranlaßt, daß statt des Striches nur Punkte erscheinen.

Die Ausmessung der Strichbreiten geschieht am besten unter dem Mikroskop mit Hülfe eines Okularschraubenmikrometers und eines durch Schraube beweglichen Objekttisches. Hierdurch gewinnt die Messung außerordentlich an Sicherheit und die Arbeit kann praktisch auf das geringste Maß eingeschränkt werden. Die Versuchsanstalt verwendet Apparate von Carl Zeiß in Jena und zwar:

Digitized by Google

1. Mikroskopstativ.
2. Objektiv B mit Beleuchtungsprisma zur Beleuchtung des Objektes durch das Objektiv von oben her.
3. Okularschraubenmikrometer.
4. Objektivschraubenmikrometer, als beweglicher Objekttisch benutzt.
5. Planspiegel zur Beleuchtung, welcher das Licht auf das Prisma wirft.

Die Ausmessung geschieht dann so, daß bei Nullstellung des Okularschraubenmikrometers der Rand des ersten Striches einer Gruppe mit Hülfe der Tischschraube auf den beweglichen Mikrometerfaden eingestellt wird; dann wird durch Verdrehen der Mikrometerschraube der bewegliche Faden auf den zweiten Rand des Striches eingestellt, seine Breite also durch die Zahl der Schraubenumdrehungen gemessen. Hierauf wird ohne an der Mikrometerstellung zu ändern mit Hülfe der Tischschraube der erste Rand des zweiten Striches eingestellt und dessen Breite wie vorher gemessen u. s. f. durch die ganze Gruppe. Man hat dann am Ende der Messungsreihe nur einmal die Gesammtstrichbreite für die ganze Gruppe abzulesen.

Daß bei den mikrometrischen Messungen alle die bei solchen Messungen erforderlichen und hinreichend bekannten Vorsichtsmaßregeln beachtet werden müssen, ist selbstverständlich, und man sollte vor allen Dingen stets mindestens zwei von einander ganz unabhängige Messungen ausführen.

Bei beiden Methoden der Prüfung wird das Gesammtmittel der Strichbreiten aus der ganzen Messungsreihe benutzt, um die mittlere Breite des Striches festzustellen, den der Diamant bei 20 g Belastung machte.

Für vergleichende Untersuchungen genügt die Ausmessung der Strichbreiten in Umdrehungen (R) der Mikrometerschraube. Für die Bestimmung der Härte nach dem absoluten Maß ist die Größe R in Millimetern oder in $\mu = 0{,}001$ mm (Mikromillimetern) auszudrücken.

Zur Bestimmung der Größe von R bedient sich die Versuchsanstalt eines Objektmikrometers von Carl Zeiß in Jena (1 mm in 100 Theile getheilt).

c) Gegenstand der Prüfung.

1. Untersuchung des Diamanten auf seine Beschaffenheit.

Der Diamant wurde mittelst des Mikroskopes bei schwacher Vergrößerung in vier Lagen auf seine Beschaffenheit untersucht. Um die richtige Lage des Diamanten im Apparat einstellen und erkennen zu können, ist der den Diamanten tragende Stahlstift am oberen Ende mit einem Sägenschnitt und einer feinen Körnermarke versehen. Diese Körnermarke diente auch zum Einstellen unter dem Mikroskop. In der ersten Lage war der Körner oben, dann wurde der Diamant im Sinne des Uhrzeigers je um 90° gedreht. In jeder Lage wurde mit Hülfe des Zeichenprismas der Umriß der Diamantspitze und zugleich das Okularmikrometer möglichst genau auf Papier gezeichnet. Die Bilder haben alle nahezu gleichen Maßstab; letzterer ist in jede Figur eingetragen.

Gestalt und Spitzenwinkel für alle vier Lagen des Diamanten.

Der mittlere Spitzenwinkel ist für die Stellungen:

Apparat II a u. c = $(99 + 101)^1/_2 = 100°$

b u. d = $(104 + 102)^1/_2 = 103°$

Digitized by Google

Apparat III a u. c = (86 + 86)$^1/_2$ = 86°
b u. d = (87 + 87)$^1/_2$ = 87°
Apparat IV a u. c = (94 + 103)$^1/_2$ = 98,5°
b u. d = (98 + 96)$^1/_2$ = 97°.

Bei Apparat II zeigt sich die Diamantspitze leicht abgerundet, sie ist schwach narbig und hat einen Absatz an einer Seite (Stellung a u. c). Die Kegelfläche erscheint nicht vollkommen glatt. Bei den Apparaten III u. IV sind die Spitzen ebenfalls abgerundet und die Kegelflächen nicht vollkommen glatt.

Die Untersuchung einer großen Zahl von Diamanten hat ergeben, daß es nicht sehr wahrscheinlich ist, wesentlich besser geformte Diamanten zu erhalten.*) Deswegen wurde durch Vorversuche diejenige Stelle des Diamanten ermittelt, bei welcher er die besten und am schärfsten begrenzten Striche liefert. In dieser Lage ist der Diamant befestigt und seine Lage durch eine Körnermarke auf dem Wagebalken bezeichnet.

Für diese Stellung kann der für die Strichbreite maßgebende Spitzenwinkel für

Apparat II auf . . . . 99°
„ III „ . . . . 87°
„ IV „ . . . . 98°

geschätzt werden.

2. Feststellung der Hebelarme der Wage.

Um die Entfernung der Diamantspitze von der Mittelschneide des Wagebalkens festzustellen, wurde die Spitze zugleich mit der Schneidenkante in einen Zinkstreifen abgedrückt und der Abstand beider Eindrücke auf der Theilmaschine mikrometrisch mit dem Normalmaßstab verglichen. Die Länge ergab sich:

für Apparat II zu 121 mm + 1,664 R = 121,25 mm
„ „ III zu 121 mm + 1,619 R = 121,20 mm
„ „ IV zu 121 mm + 0,253 R = 121,03 mm.

Die Länge der Theilung auf dem Wagebalken auf gleiche Weise mittelst der Theilmaschine gemessen, ergab sich:

für Apparat II zu 121 + 2,109 R = 121,25 mm
„ „ III zu 121 + 2,030 R = 121,25 mm
„ „ IV zu 121 + 0,364 R = 121,04 mm.

Da das Laufgewicht 50 g schwer sein soll, so ergiebt sich aus dem Fehler der Theilung ein Fehler für die Gewichtsbestimmung:

bei Apparat II von $\frac{0{,}01 \cdot 50}{121{,}25} = 0{,}004$ g
„ „ III „ $\frac{0{,}05 \cdot 50}{121{,}20} = 0{,}021$ g
„ „ IV „ $\frac{0{,}01 \cdot 50}{121{,}03} = 0{,}004$ g

welcher innerhalb der Fehlergrenze der Methode liegt und vernachlässigt werden kann, da die Einstellung des Laufgewichtes überhaupt nur auf 0,05 g mit genügender Sicherheit abgelesen werden kann.

*) Die Diamantspitzen werden durch Spalten und Abschaben der Ecken mit einem Diamantsplitter hergestellt, eine Arbeit, die sich nicht mit großer Genauigkeit ausführen läßt.

Digitized by Google

Der Abstand des Aufhängepunktes für das Ausgleichgewicht von der Mittelschneide wurde mit einem Anlegemaßstab auf 35 mm ermittelt. Die Entfernung des Theilstriches 50 der Skala am Wagebalken wurde in gleicher Weise auf 27,6 mm festgestellt.

3. Lage der Schneide, der Lauffläche und der Diamantspitze.

Die Lauffläche für das Laufgewicht, die Mittelschneide und die Diamantspitze sollen thunlichst in einer Ebene liegen.

Um dies festzustellen, wurde der Wagehebel derart an ein Lineal gelegt, daß die Mittelschneide sich auf die ebene Fläche des Lineals auflegte, alsdann wurde die Laufläche des Wagebalkens mit jener Ebene des Lineals nach dem Auge parallel eingestellt und gefunden, daß auch die Diamantspitze in die Ebene des Lineals fiel.

Ein wesentlicher Fehler hat somit nicht festgestellt werden können.

4. Prüfung der Laufrolle.

Gewicht. Die Laufrolle wurde nach der Tarirmethode auf einer Präzisionswage gewogen und ihr Gewicht

für Apparat II zu 50,0015 g
„ „ III „ 50,0036 g und
„ „ IV „ 50,0014 g

ermittelt.

Die Ablesung der Einstellung des Laufgewichtes kann aber, wie oben erwähnt, nur bis auf 0,05 g genau geschehen, die Fehler im Laufgewicht von 0,0014 bis 0,0036 g können also vernachlässigt werden. Da das Laufgewicht in der Stellung Null durch das Gegengewicht f ausgeglichen wird, so wirken die Fehler der Theilung und des Gewichtes im entgegengesetzten Sinne. Die Fehler sind am größten in der Stellung 50 der Laufrolle.

Excentrizität. Wenn das Laufgewicht mittelst des Rollenhalters vom Wagehebel abgehoben wird, so zeigt es sich, daß bei den Apparaten II und IV die Drehaxe und Schwerpunktsaxe der Rolle nicht zusammen fallen; die Rolle kehrt stets nahezu in die gleiche Nulllage zurück. Um die Größe der Excentrizität der Drehaxe festzustellen, wurde die Rolle durch Ankleben von Wachskügelchen nahe dem Rande so ausgeglichen, daß sie in jeder Lage beharrte.

Hierzu genügten bei Apparat II 0,06 g, bei Nr. IV aber 0,025 g Wachs. Die Excentrizität der Axe läßt sich demnach schätzen bei Nr. II auf:

$$50 \cdot e = 0{,}06\ (r - e);\ r = 31\ \text{mm}\ \text{also}\ e = \frac{0{,}06 \cdot 31}{50 + 0{,}06} = 0{,}037\ \text{mm},$$

bei Nr. IV auf:

$$50 \cdot e = 0{,}025\ (r - e);\ r = 31\ \text{mm}\ \text{also}\ e = \frac{0{,}025 \cdot 31}{50 + 0{,}025} = 0{,}015\ \text{mm};$$

die Gewichtsablesung an der Theilung kann also:

$$\text{bei Nr. II um} \pm \frac{0{,}037 \cdot 50}{121{,}25} = \pm\ 0{,}0153\ \text{g},$$

Digitized by Google

$$\text{bei Nr. IV um } \pm \frac{0{,}015 \cdot 50}{121{,}03} = \pm 0{,}006 \text{ g}$$

falsch sein. Auch dieser Fehler ist so klein, daß er vernachlässigt werden kann.

Bei Apparat III fallen die Drehaxe und Schwerpunktsaxe der Rolle nahezu zusammen. Der durch die Excentrizität der Rollenaxe entstehende Fehler kann also auf Null geschätzt werden.

Die unter 2 und 4 genannten Fehler ergeben einen Gesammtfehler für:

Apparat II von $+ 0{,}004 - 0{,}0015 \pm 0{,}0153 = 0{,}0178$ g
„ III „ $+ 0{,}021 - 0{,}0036 \pm 0 = 0{,}0174$ g
„ IV „ $+ 0{,}004 - 0{,}0014 \pm 0{,}006 = 0{,}0086$ g,

welcher innerhalb der Ablesungsgrenzen liegt.

5. Ausgleichung des Momentes am Rollenhalter.

Die Laufrolle wurde entfernt. Der Rollenhalter zeigte alsdann ein leichtes Spiel und kehrte nach einigen Schwingungen immer wieder in seine horizontale Gleichgewichtslage zurück.

6. Empfindlichkeit des Apparates.

Um die Empfindlichkeit des Apparates bei verschiedener Einstellung der Laufrolle zu untersuchen, wurden verschiedene Gewichte an den Zeiger v angehängt und durch Verschiebung des Laufgewichtes bis zum Einspielen der Wage ausgeglichen. Alsdann wurde durch kleine Gewichtsstücke, welche zum Ausgleichgewicht f hinzugefügt wurden, die Empfindlichkeit der Wage geprüft. Zugleich erfolgte die Einstellung des Laufgewichtes abwechselnd im Sinne zunehmender und abnehmender Belastung, um festzustellen, welche Unterschiede hierbei erzielt werden.

Die Beobachtungen ergaben:

für Apparat II.						für Apparat III.						für Apparat IV.					
Stellung der Rolle bei Theilstrich	Ausschlag wird erzielt bei Zusatz von		Einstellung der Rolle		Unterschiede	Stellung der Rolle bei Theilstrich	Ausschlag wird erzielt bei Zusatz von		Einstellung der Rolle		Unterschiede	Stellung der Rolle bei Theilstrich	Ausschlag wird erzielt bei Zusatz von		Einstellung der Rolle		Unterschiede
	bei f	d. h. beim Diamanten	zunehmender Sinn	abnehmender Sinn			bei f	d. h. beim Diamanten	zunehmender Sinn	abnehmender Sinn			bei f	d. h. beim Diamanten	zunehmender Sinn	abnehmender Sinn	
g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
0,0	0,07	0,020	0,00	0,05	0,05	0,0	0,12	0,034	0,00	0,05	0,05	0,0	0,1	0,029	0,07	0,05	0,02
			0,00	0,00	0,00				0,03	0,05	0,02				0,05	0,03	0,02
			0,00	0,05	0,05				0,03	0,03	0,00				0,01	0,10	0,09
Mittel			0,000	0,033	0,033	Mittel			0,020	0,043	0,023	Mittel			0,073	0,030	0,043
26,0	0,05	0,014	26,00	25,95	0,05	26,0	0,07	0,020	26,00	25,97	0,03	25,2	0,1	0,029	25,15	25,10	0,05
			26,00	25,95	0,05				26,00	25,97	0,03				25,20	25,10	0,10
			26,00	25,90	0,10				25,97	25,98	—1				25,20	25,10	0,10
Mittel			26,000	25,933	0,067	Mittel			25,990	25,973	0,017	Mittel			25,183	25,100	0,083
45,3	0,03	0,009	45,3	45,3	0	45,5	0,05	0,014	45,5	45,5	0	45,4	0,05	0,014	45,4	45,4	0
			45,3	45,3	0				45,5	45,5	0				45,4	45,4	0
			45,3	45,3	0				45,5	45,5	0				45,4	45,4	0
Mittel			45,3	45,3	0	Mittel			45,5	45,5	0	Mittel			45,4	45,4	0

Digitized by Google

Die Empfindlichkeit der Wage ist für den vorliegenden Zweck ausreichend. Die Genauigkeit der Einstellung erscheint in der Tabelle mit dem doppelten Fehlerbetrage, weil man in Wirklichkeit stets in gleichem Sinne, im Sinne der Belastung vorgehen wird. Zugleich wird sich der Fehlerbetrag durch die Art der Versuchsausführung erheblich verkleinern, weil ja vor jeder Ritzung der Wagebalken etwas angehoben und wieder gesenkt wird, wodurch die Reibung der Rolle auf der Lauffläche und in den Spitzen der Drehaxen verringert wird.

7. Die mechanische Ausführung.

Die Prüfung der mechanischen Ausführung hat keine solche Mängel erkennen lassen, welche auf die Versuchsergebnisse von wesentlichem Einfluß sein könnten.

d) Vergleichende Untersuchungen mit den Härteprüfern Nr. I, II, III u. IV.

Voruntersuchungen.

1. Prüfung von hartem und geglühtem Stahl, Messing und Kupfer.

Um sich über den Grad der Uebereinstimmung der mit verschiedenen Härteprüfern gleicher Konstruktion gewonnenen Ergebnisse eine Uebersicht zu verschaffen, wurde die Prüfung von vier Metallstücken verschiedener Härte mit den Härteprüfern Nr. I—IV[1]) in der Weise ausgeführt, daß jedes Metallstück mit allen vier Apparaten unter den gleichen Versuchsbedingungen geritzt wurde. Wegen der Unmöglichkeit, Diamanten von ganz gleichen Eigenschaften und Formen herzustellen, ist ein solcher Vergleich durchaus nothwendig, weil es wünschenswerth ist, eine praktisch einfache Art zu ermitteln, wie die mit den Apparaten gleicher Konstruktion gewonnenen Ergebnisse auf einander bezogen werden können.

Ueber die Art der Versuchsausführung und die angewendeten Belastungen geben die in Vorausgehendem enthaltene Beschreibung und die Köpfe der nachfolgenden Tabellen ohne Weiteres verständlichen Aufschluß. In den Tabellen sind der Kürze wegen die mit sehr geringen Belastungen erhaltenen Ergebnisse fortgelassen, weil beim Vergleich sofort erkannt wurde, daß wegen der nicht hinreichend genau auszuführenden Diamantspitzen die Strichbreiten zu ungleichmäßig und die Fehler zu groß wurden.

Tabelle 1 enthält die unter den im Kopf angegebenen Belastungen des Diamanten gewonnenen Rißbreiten[2]) nach den vier untersuchten Metallen und den Apparaten geordnet. Für jeden Apparat sind die mittleren Rißbreiten bei jeder Belastungsstufe ermittelt und für jede der Stufen die Abweichungen von diesen Mittelwerthen, sowie die mittleren Abweichungen berechnet. Ohne Rücksicht auf die Verschiedenheit der Apparate sind alsdann aus den für die Mittel gewonnenen Zahlenreihen die Reihen „Mittel aus I—IV" gebildet, welche als Grundlage für den vorläufigen Vergleich der Apparate

[1]) Nr. I ist der Apparat der Versuchsanstalt, der in seiner Einrichtung nur unwesentlich von den übrigen Apparaten abweicht.

[2]) Um die Zahlen für die tabellarische Zusammenstellung klarer zu machen, sind die Ablesungen in $R \times 10^3$, d. i. in Tausendtel Trommelumdrehungen der Mikrometerschraube angegeben.

Digitized by Google

unter einander benutzt worden sind. Dieser Vergleich ist für jedes Metall und für jede Belastungsstufe durchgeführt, indem man die Mittelwerthreihen für die einzelnen Apparate mit der Hauptmittelreihe verglich. Die Verhältnißzahlen (bezogen auf Mittel I—IV = 100) finden sich am Fuße jeder Gruppe.

Um die Zahlenreihen klarer übersichtlich zu machen, sind sie auf Blatt 1 bis 4 Tafel V als Schaulinien dargestellt. Fig. 1 zeigt die Hauptmittel für die vier untersuchten Metallstücke. Man erkennt aus den Linien, daß sie im Allgemeinen einen ähnlichen Verlauf haben, der vielleicht durch Linien von paraboliſcher Form darstellbar sein dürfte. Zugleich ersieht man aber auch, daß die unregelmäßigen Formen der eigentlichen Spitze am Diamanten die Ergebnisse bis zur Belastung 5 g hin stark beeinflußt, so daß die Hoffnung, gerade die geringeren Strichbreiten, z. B. die bisher benutzte Breite von 0,005 mm zur Grundlage für die Härtebestimmung machen zu können, aufgegeben werden muß. Aus Fig. 1 gewinnt man vielmehr die Ueberzeugung, daß der regelmäßige fast geradlinige Verlauf der Linien zwischen den Belastungen 5 bezw. 10 u. 30 g diesen Theil hierzu mehr geeignet macht. Diese Ueberzeugung befestigt sich noch mehr, wenn man die mittleren Fehler für die Reihen 1—4 (Fig. 2) oder nach Tab. 2 die mittleren relativen Fehler (Fig. 3) aufträgt. Aus Fig. 3 ersieht man, daß die Fehler für die genannten Belastungen relativ am kleinsten und außerdem nahezu von gleicher Größe sind; sie nehmen nur ganz langsam mit wachsender Belastung ab. Für Messing ist der relative Fehler am größten, für Stahl am kleinsten. Der regelmäßige Verlauf in Fig. 3 wird am meisten durch den Werth für 10 g Belastung bei gehärtetem Stahl gestört; dies ist durch den Werth 532 in Gruppe 1 Tab. 1 veranlaßt, der augenscheinlich auf einem Ablesungsfehler zu beruhen scheint, aber trotzdem nicht ausgeschlossen worden ist, um schlechthin alle vorkommenden Fehler zur Anschauung zu bringen.

Der Beobachter hatte übrigens schon während der Arbeit erkannt, daß das Messingstück sich als am ungleichmäßigsten in der Beschaffenheit darstellte.

Der Vergleich der Apparate unter einander ist außer in Tab. 1 in Fig. 4—7 Blatt 2 und 3 gegeben. Man ersieht aus den Liniengruppen, daß, mit Ausnahme des letzten Theils von Fig. 7, Apparat 1 die kleinsten Strichbreiten liefert, dann folgen die Apparate IV, III u. II; im letzten Theil von Fig. 7 kehrt sich die Reihenfolge fast um. Diesem Verlauf entsprechend bewegen sich auch die Verhältnißzahlen für die vier Apparate und die einzelnen Laststufen (vergl. Tab. 1). Um diese Zahlen noch übersichtlicher zu gestalten, sind sie in Tab. 2 so zusammengestellt, daß die an den vier Materialien mit einem Apparat gewonnenen Zahlen neben einander stehen. Daneben sind zugleich die mittleren Fehler für jedes Material und jede Belastung in Prozenten der mittleren Strichbreite (aus 3 Ritzungen) gesetzt, um zugleich ein Bild darüber zu gewinnen, ob etwa der eine oder der andere Apparat mit einem größeren Fehler behaftet erscheint. Zu dem Zwecke sind in jeder Gruppe für die einzelnen Belastungen Mittelwerthe sowohl für die Verhältnißzahlen als auch für die mittleren Fehler gebildet. Die erstgenannten Zahlen sind in Fig. 8 bis 11 als dicke Linie dargestellt, während die Einzelwerthe durch die dünnen Linien bezeichnet sind. Apparat II und IV zeigen hiernach den günstigsten Verlauf. Die starke Linie läuft für die Belastungen 5 bis 30 g ziemlich parallel zur Abscissenlinie; die Vergleichungszahlen liegen nahe bei 100. Apparat I u. III weichen beträchtlicher ab und zwar liegen bei Apparat I die Linien durchweg

Digitized by Google

unter der Abscisse für 100 und zeigen das Bestreben, mit wachsender Belastung langsam zu steigen, während Apparat III dementsprechend das umgekehrte Verhalten zeigt. Die Steigung der Hauptmittellinien sind innerhalb der Belastungsgrenzen 5 bis 30 g für alle Linien so gering, daß es zulässig erscheint, für den Vergleich der Apparate unter einander die Mittelwerthe aus allen Verhältnißzahlen innerhalb dieses Gebietes zu benutzen. Trägt man die Reihen der mittleren relativen Fehler für die einzelnen Apparate und das hieraus gebildete Hauptmittel auf, so erhält man Fig. 12, welche zeigt, daß die Fehler der Methode jedenfalls nicht wesentlich von den Fehlern der Apparate beherrscht werden. Die Linien liegen ziemlich nahe bei einander. Auch deswegen wird es gestattet sein, zur Erzielung der ersten Uebersicht schlechtweg die mittlere Verhältnißzahl aus den Laststufen 5—30 g zur Vergleichung der Apparate zu benutzen.

Führt man den Vergleich in dieser Weise aus, so erhält man vorläufig die am Fuß der Tab. 2 angegebenen Vergleichszahlen

für Apparat I = 77
„ „ II = 100
„ „ III = 131
„ „ IV = 93.

Diese Werthe müssen jedoch durch eine größere Reihe von Versuchen an Körpern von möglichst verschiedener Härte kontrolirt werden.

Nimmt man als Maßstab für die Härte eines Materiales den reziproken Werth der unter einer Belastung von 20 g erzeugten Strichbreite (einstweilen ausgedrückt in Umdrehungen — R — der Mikrometerschraube) an und berechnet diesen Werth als Mittel aus den Ablesungen für 10, 20 und 30 g (später aus 10, 15, 20, 25 und 30 g) so erhält man bei Umrechnung der Ergebnisse mit Hülfe der obigen Vergleichszahlen für die benützten Probestücke folgende Härtegrade:

Apparat Nr.	Vergleichszahl	1. Stahl gehärtet		2. Stahl geglüht		3. Messing		4. Kupfer	
		Strichbreite für 20 g in R	Härtegrad	Strichbreite für 20 g in R	Härtegrad	Strichbreite für 20 g in R	Härtegrad	Strichbreite für 20 g in R	Härtegrad
Aus den Mittelwerthen I—IV	—	0,390	2,57	0,743	1,34	1,129	0,89	1,487	0,67
Apparat I	77	0,246	3,13	0,664	1,20	0,909	0,85	1,459	0,53
Apparat II	100	0,364	2,75	0,741	1,35	1,221	0,83	1,441	0,69
Apparat III	131	0,622	2,10	0,871	1,50	1,377	1,02	1,617	0,81
Apparat IV	93	0,328	2,84	0,701	1,38	1,109	0,84	1,490	0,62
Mittel	—	—	2,71	—	1,36	—	0,86	—	0,66

Um nun zu erproben, in welchem Maße das vorstehend eingeschlagene einfache Vergleichsverfahren sich praktisch bewährt, soll die nachstehende Hauptversuchsreihe mit den neu anzufertigenden Körpern: Blei, Zinn, Zink, Kupfer, Messing, Nickel, Stahl geglüht, Glas, Stahl gehärtet, ausgeführt werden, wobei die Probekörper wieder mit allen vier Apparaten aber einmal unter den Belastungen 10, 15, 20, 25 und 30 g und

Digitized by Google

das andere Mal unter der Belastung 20 g zu ritzen sind. Für jede Belastung der ersten Reihe sollen 3 Striche gezogen werden; bei der zweiten Reihe (Belastung 20 g) werden drei Gruppen mit je 5 Strichen erzeugt. Die geritzten Körper werden in der Versuchsanstalt als Normalkörper aufbewahrt.

Zuvor sind jedoch noch Versuche mit Spitzen aus glashartem Stahl und aus Stahl mit einem galvanischen Iridiumüberzug gemacht, welche möglichst genau und sauber mit einer kegelförmigen Spitze von 90° Spitzenwinkel versehen waren.

2. Prüfung mit einer Stahlspitze.

Bei dem Versuch mit glasharter Stahlspitze wurden die bereits zu den vorstehend beschriebenen Versuchen benutzten Probekörper mit den Belastungen 10, 15, 20, 25 und 30 g geritzt und zwar in der Reihenfolge: Kupfer, Messing, weicher Stahl, harter Stahl, weicher Stahl, Messing, Kupfer. Hierdurch sollte die Wirkung der Abstumpfung, welche die Stahlspitze beim Ritzen von ebenfalls hartem Stahl erfährt, zugleich erwiesen werden.

Die Striche wurden etwas weniger scharf in ihren Begrenzungen, als die mit den Diamanten erhaltenen. Deswegen sind die mittleren Fehler der Beobachtungsreihen etwas, wenn auch nur wenig größer, als bei den oben mitgetheilten. Beim Ritzen auf hartem Stahl stumpfte sich die Stahlspitze merklich ab, wie aus dem Strichaussehen unter dem Mikroskop deutlich erkannt werden konnte; die ersten bei der angewendeten Vergrößerung überhaupt erkennbaren Striche wurden bei 15 g Belastung erzeugt. Während bei den übrigen Metallen die Striche deutlich eingegraben erschienen, waren sie beim harten Stahl nur eingedrückt und erschienen als eben erkennbare Lichtsäume auf der gleichmäßig von oben beleuchteten Fläche.

Aus den Strichbreiten sind nach der oben angegebenen Rechnungsweise die entsprechenden Härtegrade für die einzelnen Metalle ermittelt. Sie stellen sich wie folgt:

Metall	1. Ritzung	2. Ritzung	Verhältniß 1. Ritzung = 100
1. Kupfer	0,74	0,75	101
2. Messing	1,06	1,25	118
3. Stahl, weich	1,42	1,59	111
4. Stahl, hart	4.58	—	—

Wegen der Abweichung in der Stichelform und in der Beschaffenheit der Oberfläche hätte auch für diese Ergebnisse eine Zurückführung stattfinden müssen, wie es oben bei den einzelnen Apparaten geschah. Man erkennt jedoch ohnehin, daß die Härten für die weicheren Metalle 1, 2 und 3 schon jetzt den früher mit den Diamanten ermittelten recht nahe kommen und daß die Abweichungen noch innerhalb der früher gefundenen Grenzen liegen. Man wird also für den Vergleich weicher Körper auch Stahlspitzen in Anwendung bringen können, wenn man die Diamantspitze schonen will. Alsdann wird allerdings ein häufiger Vergleich am Normalkörper zu empfehlen sein.

Digitized by Google

3. Prüfung mit einer Iridiumspitze.

Unter Benutzung einer gleichgeformten Spitze aus weichem Stahl, welche zuerst schwach verkupfert und dann galvanisch mit Iridium[1]) überzogen war, sind die vorstehend beschriebenen Versuche in gleicher Weise wiederholt. Hierbei wurden folgende Härtegrade gefunden:

Metall	1. Ritzung	2. Ritzung	Verhältniß 1. Ritzung = 100
1. Kupfer	0,71	0,85	120
2. Messing	1,39	1,34	102
3. Stahl, weich	2,72	3,38	124
4. Stahl, hart	Auch unter dem Mikroskop ist keine Spur einer Ritzung zu entdecken.		--

Mit dem Iridiumüberzug ist also jedenfalls kein erheblicher Gewinn gegenüber den Spitzen aus glashartem Stahl zu erzielen.

e) Hauptuntersuchung.

Für die Hauptuntersuchungen sind neue Probekörper mit möglichst vollkommen polirten Flächen hergestellt, deren Härtefolge durch gegenseitiges Ritzen mit ihren Ecken (drei zusammenstoßende rechte Winkel) vor Ausführung der Versuche wie folgt festgestellt war.

1. Blei,
2. Zinn,
3. Zink,
4. Kupfer, } unterscheiden sich nur sehr wenig,
5. Messing,
6. Nickel,
7. Stahl, weich,
8. Glas (Objektträger),
9. Stahl, glashart.

Die Ritzungen sind nach dem bereits am Schluß des vorigen Absatzes beschriebenen Verfahren ausgeführt. Beim Ritzen mit dem Diamanten, Apparat I, verhalten sich die Körper, nach dem mikroskopischen Bilde beurtheilt, wie folgt:

1. Blei, 2. Zinn, schmieren, rauhe Ränder, Striche wellig,
3. Zink, giebt lange Späne, welche sich am Strichende absetzen, Ränder glatter als bei 1 und 2, Striche wellig,
4. Kupfer, Mittelding zwischen 2 und 3, setzt kleine Späne ab,
5. Messing, kurze Späne, Ränder wie bei 3 und 4,

[1]) Versuche mit einer Spitze aus Osmium-Iridium, welche, wie die mit Iridium überzogenen Spitzen von W. C. Heraeus, Hanau a. M. bereitwilligst für diese Versuche angefertigt worden sind, haben leider erwiesen, daß diese Legierung und der Ueberzug zu weich waren, um mit Erfolg den Diamanten ersetzen zu können.

Digitized by Google

6. Nickel, Späne wie bei 3,
7. Stahl, weich, sehr lange Späne,
8. Glas, kurze Späne, scharfe Striche,
9. Stahl, hart, wie bei 8.

Die Strichgruppen wurden in zwei Reihen ausgemessen, wobei, um die Reihen von einander unabhängig zu machen, Objekt und Mikroskop jedesmal frisch eingestellt wurden. Die erhaltenen Ablesungen sind in Tab. 3 zusammengestellt. Hierbei sind, wie früher, die mit den vier Apparaten an den einzelnen Probekörpern erhaltenen Ergebnisse jedesmal neben einander gesetzt und mit den Mittelwerthen in Vergleich gestellt.

In Tab. 4 sind die erhaltenen Hauptwerthe nochmals übersichtlich niedergeschrieben. Man entnimmt aus ihr, daß die beiden angewendeten Ritzmethoden A und B in solchem Maße übereinstimmende Ergebnisse liefern, daß man sie praktisch als gleichwerthig bezeichnen kann. Daher sind die Mittelwerthe aus beiden Reihen gebildet, von denen die Einzelwerthe nur in einem Falle um mehr als 1,4 % abweichen. In gleicher Weise sind dann die Verhältnißzahlen für die mit den einzelnen Apparaten gefundenen Härtegrade in zwei Reihen (A und B) einander gegenüber gestellt und zu Mittelwerthen vereinigt. Aus diesen Mittelwerthen für sämmtliche 9 Probekörper sind die mittleren Verhältnißzahlen für jeden Apparat gebildet, woraus die Vergleichszahlen Tab. 5 für die Apparate berechnet werden.

Tab. 5 enthält zunächst die mit den einzelnen Apparaten gefundenen Härtegrade der Probekörper und die nach den Ritzmethoden A und B gefundenen Mittelwerthe. Weiter unten sind diese Mittelwerthe mit den Vergleichszahlen multiplicirt und dann abermals zu Mittelwerthen vereinigt, welche nahezu die gleichen mittleren Härtegrade liefern müssen wie die Reihe Mittel AB in Tab. 4.

Die Ausmessung des Objektiv-Glasmikrometers (1 mm in 100 Theile getheilt) von Carl Zeiß mittelst des benutzten Objektivs und des Okularschraubenmikrometers in gleicher Aufstellung, wie bei den Hauptmessungen, ergab als Mittel aus 6 Messungen:

$$5{,}202\ \mathrm{R} = 0{,}1\ \mathrm{mm} = 100\ \mu.$$

Um die durch die Umdrehungen der Mikrometerschraube (R ausgedrückten Härtegrade auf den Millimeter zu beziehen, sind die erhaltenen Zahlenwerthe mit:

$$\frac{5{,}202}{0{,}1} = 52 \text{ zu multipliciren;}$$

dies ist in der letzten Reihe von Tab. 5 geschehen.

f) Schlußergebniß der vergleichenden Untersuchung der Härteprüfer Nr. I—IV.

Um die mit den Apparaten gefundenen Härtegrade unter einander vergleichen zu können, sind sie mit folgenden Vergleichszahlen zu multipliciren:

bei	Apparat	I	mit 0,877
„	„	II	„ 1,032
„	„	III	„ 1,159
„	„	IV	„ 0,983.

Die beiden angewendeten Ritzmethoden sind als gleichwerthig zu betrachten.

Digitized by Google

Tabelle 1. **Rißbreiten in $R \times 10^3$, wie sie mit vier Härteprüfern an vier verschieden harten Metallen gewonnen wurden.**

1. Harter Stahl.

Belastung in g		30		20		10		5		4		3		2		1		0,5	
		R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ
Apparat I	1	413	+ 16	233	− 11	98	+ 2	71	+ 6	50	− 7	.	.	.	.	.	.	.	.
	2	386	− 11	248	+ 4	96	0	69	+ 4	59	+ 2	.	.	.	.	.	.	.	.
	3	391	− 6	250	+ 6	93	− 3	56	− 9	63	+ 6	.	.	.	.	.	.	.	.
Mittel . . .		397	11	244	7	96	2	65	6	57	5	.	.	.	.	.	.	.	.
Apparat II	1	498	− 34	306	+ 8	243	− 13	213	−15	246	+ 35	223	+29	140	−12	72	−12	.	.
	2	542	+ 10	289	− 14	267	+ 11	213	−15	189	− 22	180	−14	150	− 2	73	−11	.	.
	3	556	+ 24	313	+ 10	258	+ 2	257	+29	198	− 13	178	−16	167	+15	107	+23	.	.
Mittel . . .		532	23	303	9	256	9	228	20	211	23	194	20	152	10	84	15	.	.
Apparat III	1	818	+ 12	620	− 2	390	− 49	320	+ 1	211	− 3	80	− 3	75	− 2	.	.	.	.
	2	802	− 4	607	− 15	395	− 44	314	− 5	208	− 6	80	− 3	83	+ 6	.	.	.	.
	3	799	− 7	638	+ 16	532	+ 93	323	+ 4	222	+ 8	89	+ 6	72	− 5	.	.	.	.
Mittel . . .		806	8	622	11	439	62	319	3	214	6	83	4	77	4	.	.	.	.
Apparat IV	1	433	− 12	330	+ 9	188	− 12	178	−11	68	+ 6	63	+ 5	.	.	.	.	.	.
	2	442	− 3	349	+ 10	214	+ 14	190	+ 1	57	− 5	50	− 8	.	.	.	.	.	.
	3	461	+ 16	338	− 1	199	− 1	200	+11	60	− 2	60	+ 2	.	.	.	.	.	.
Mittel . . .		445	10	339	7	200	9	189	8	62	4	58	5	.	.	.	.	.	.
Mittel aus I-IV		545	13	377	9	248	21	200	9	136	10	(112)	(10)	(115)	(7)	.	.	.	.
bezogen auf Mittel I-IV = 100	I	73	.	65	.	39	.	33	.	42	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	II	98	.	80	.	103	.	114	.	155	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	III	148	.	165	.	177	.	160	.	157	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	IV	82	.	90	.	81	.	95	.	46	.	.	.	.	.	.	.	.	.

2. Stahl geglüht.

Apparat I	1	848	+ 2	662	− 17	470	+ 4	200	+ 3	190	+ 9	168	+21	65	0	.	.	.	.
	2	862	+ 16	673	− 6	450	− 16	189	− 8	182	+ 1	136	−11	83	+18	.	.	.	.
	3	827	− 19	703	+ 24	479	+ 13	202	+ 5	171	− 10	138	− 9	48	−17	.	.	.	.
Mittel . . .		846	12	679	16	466	11	197	5	181	7	147	14	65	12	.	.	.	.
Apparat II	1	982	+ 28	729	− 6	549	+ 16	303	+10	246	− 6	208	+13	180	+ 2	140	0	80	+ 8
	2	973	+ 19	759	+ 24	530	− 3	313	+20	250	− 2	190	− 5	183	+ 5	130	−10	67	− 5
	3	908	− 46	716	− 19	520	− 13	262	−31	261	+ 9	188	− 7	160	− 8	150	+10	70	− 2
Mittel . . .		954	31	735	16	533	11	298	20	252	6	195	8	174	5	140	7	72	5
Apparat III	1	1170	+ 81	852	− 22	692	+ 41	615	+50	419	+ 7	358	−10	298	+17	102	−15	88	−11
	2	992	− 97	877	+ 3	632	− 19	541	−24	370	− 42	371	+ 3	298	+17	133	+16	92	− 2
	3	1104	+ 15	894	+ 20	629	− 22	538	−27	448	+ 36	375	+ 7	248	−33	117	0	106	+14
Mittel . . .		1089	64	874	15	651	27	565	34	412	28	368	7	281	22	117	10	94	9
Apparat IV	1	917	− 39	691	− 35	392	− 29	271	−15	188	− 12	159	−10	171	+ 2	50	−10	.	.
	2	973	+ 17	726	0	408	− 13	262	−24	194	− 6	188	+19	177	+ 8	64	+ 4	.	.
	3	977	+ 21	760	+ 34	462	+ 41	326	+40	218	+ 18	161	− 8	158	−11	67	+ 7	.	.
Mittel . . .		956	26	726	23	421	28	286	26	200	12	169	12	169	7	60	7	.	.
Mittel aus I-IV		961	33	754	18	518	19	335	21	261	13	220	10	172	12	(106)	(8)	(83)	(7)
bezogen auf Mittel I—IV = 100	I	88	.	90	.	90	.	59	.	69	.	67	.	38	.	.	.	.	.
	II	99	.	97	.	103	.	87	.	97	.	89	.	101	.	.	.	.	.
	III	113	.	116	.	126	.	169	.	158	.	167	.	163	.	.	.	.	.
	IV	99	.	96	.	81	.	85	.	77	.	77	.	98	.	.	.	.	.

Digitized by Google

3. Messing gewalzt.

Belastung in g		30		20		10		5		4		3		2		1		0,5	
		R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ
Apparat I	1	1310	+169	1061	+ 69	594	+ 1	486	+53	393	+ 11	329	— 4	212	+ 1	112	+ 8	.	.
	2	1000	—141	951	— 41	587	— 6	364	—69	356	— 26	298	—35	222	+11	104	0	.	.
	3	1112	— 29	963	— 29	599	+ 6	449	+16	397	+ 15	371	+38	198	—13	96	— 8	.	.
Mittel . . .		1141	113	992	46	598	4	433	46	382	17	333	26	211	8	104	5	.	.
Apparat II	1	1572	— 78	1189	— 91	750	— 34	478	—78	393	— 79	310	—76	372	+51	242	0	209	+ 2
	2	1726	+ 76	1300	+ 70	714	— 70	553	— 3	593	+121	478	+92	299	—22	248	+ 6	213	+ 6
	3	1652	+ 2	1250	+ 20	888	+104	637	—81	429	— 43	370	+16	291	—30	235	— 7	198	— 9
Mittel . . .		1650	52	1280	60	784	69	556	54	472	81	386	61	321	34	242	4	207	6
Apparat III	1	1479	—133	1393	+ 79	911	+ 7	778	+ 8	697	+ 9	609	+ 6	483	+ 4	170	—11	133	+ 6
	2	1504	—108	1337	+ 73	920	+ 16	806	+36	687	— 1	601	— 2	492	+13	170	—11	130	+ 3
	3	1852	+240	1163	—151	882	— 22	727	—43	681	— 7	599	— 4	461	— 8	202	+21	118	— 9
Mittel . . .		1612	160	1314	101	904	15	770	29	688	6	603	4	479	12	181	14	127	6
Apparat IV	1	1454	+ 70	1240	+ 12	769	+ 54	522	—23	558	+100	407	+ 2	348	+47	203	+32	98	— 3
	2	1392	+ 8	1295	+ 67	739	+ 14	523	—22	342	—116	389	—16	260	—41	160	—11	—	—
	3	1306	— 78	1150	— 78	637	— 78	589	+44	473	+ 15	418	+13	296	— 5	150	—21	103	+ 3
Mittel . . .		1384	52	1228	52	715	49	545	30	458	77	405	10	301	31	171	21	101	3
Mittel aus I-IV		1447	94	1191	65	749	34	576	40	500	45	432	25	328	21	175	11	(145)	(5)
bezogen auf Mittel I-IV = 100	I	79	.	83	.	79	.	75	.	76	.	77	.	64	.	59	.	.	.
	II	114	.	103	.	105	.	97	.	94	.	89	.	98	.	138	.	.	.
	III	111	.	110	.	121	.	134	.	138	.	140	.	146	.	103	.	.	.
	IV	96	.	103	.	95	.	95	.	92	.	94	.	92	.	98	.	.	.

4. Kupfer.

Apparat I	1	2103	+ 46	1466	+ 78	1006	+ 74	587	— 2	569	+ 28	460	—13	161	—20	94	—20	.	.
	2	1926	—131	1340	— 48	921	— 11	548	—41	498	— 43	478	+ 5	170	—11	130	+16	.	.
	3	2143	+ 86	1358	— 30	870	— 62	632	+43	557	+ 16	480	+ 7	213	+32	119	+ 5	.	.
Mittel . . .		2057	88	1388	52	932	49	589	29	541	29	473	8	181	21	114	14		
Apparat II	1	1912	+ 78	1552	— 22	880	— 35	792	+20	680	+ 37	530	—41	454	+61	334	+10	260	— 3
	2	1873	+ 39	1579	+ 5	923	+ 8	793	+21	660	+ 17	567	— 4	343	—50	310	—14	268	+ 5
	3	1717	—117	1590	+ 16	943	+ 28	730	—42	588	— 55	617	+46	381	—12	329	+ 5	261	— 2
Mittel . . .		1834	78	1574	14	915	24	772	28	643	36	571	30	393	41	324	10	263	3
Apparat III	1	1961	+ 33	1741	— 15	1190	+ 23	848	—31	700	— 13	599	—41	550	—13	180	— 1	102	—49
	2	1892	— 36	1678	— 78	1170	+ 3	880	+ 1	728	+ 15	666	+26	558	— 5	186	+ 5	198	+47
	3	1930	+ 2	1849	+ 93	1140	— 27	909	+30	711	— 2	656	+16	580	—17	178	— 3	152	+ 1
Mittel . . .		1928	24	1756	62	1167	18	879	21	713	10	640	28	563	12	181	3	151	32
Apparat IV	1	1855	— 69	1256	— 80	1027	— 38	650	—54	484	— 72	345	—82	395	— 3	252	+ 6	150	— 3
	2	1773	—151	1472	+136	1060	— 5	747	+43	535	— 21	439	+12	399	+ 1	238	— 8	160	+ 7
	3	2145	+221	1279	— 57	1109	+ 44	716	+12	648	+ 92	497	+70	401	+ 3	247	+ 1	150	— 3
Mittel . . .		1924	147	1336	91	1065	29	704	36	556	62	427	55	398	2	246	5	153	4
Mittel aus I-IV		1966	84	1514	55	1020	30	736	29	618	34	528	30	384	19	216	8	(189)	(13)
bezogen auf Mittel I—IV = 100	I	106	.	92	.	91	.	80	.	88	.	90	.	47	.	53	.	.	.
	II	95	.	104	.	90	.	105	.	105	.	108	.	102	.	150	.	.	.
	III	100	.	116	.	114	.	119	.	116	.	121	.	147	.	84	.	.	.
	IV	99	.	88	.	104	.	96	.	91	.	81	.	104	.	114	.	.	.

Digitized by Google

Tabelle 2.

Schlußergebnisse der Vorprüfung mit den Apparaten I—IV.

[Mittlere Rißbreiten in $R \times 10^3$ und ΔR in % vom (Mittel) R]

Belastung in g		30		20		10		5		4		3		2		1		0,5	
		R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ	R	Δ
Haupt-Mittel Apparat I—IV	1. harter Stahl	545	2,4	377	2,4	248	8,4	200	4,5	136	7,4	(112)	.	(115)	.	.	.	.	.
	2. geglühter Stahl	961	3,4	754	2,4	518	3,7	335	6,3	261	5,0	220	4,5	172	7,0	(106)	.	(88)	.
	3. Messing	1447	6,5	1191	5,5	749	4,5	576	6,9	500	9,0	432	5,8	328	6,4	175	6,3	(145)	.
	4. Kupfer	1936	4,3	1514	3,6	1020	2,9	736	3,9	613	5,5	528	5,7	384	5,0	216	3,7	(189)	.
Mittlerer Fehler Δ in %		.	4,2	.	3,5	.	4,9	.	5,4	.	6,7	.	(5,8)	.	(6,1)	.	(5,0)	.	.
Apparat I	1. harter Stahl	73	2,8	65	2,9	39	2,1	33	7,7	42	8,8	.	.	.	.	.	.	.	.
	2. geglühter Stahl	88	1,4	90	2,4	90	2,4	59	2,5	69	3,9	67	9,5	38	18,5	.	.	.	.
	3. Messing	79	9,9	83	4,6	79	0,7	75	1,1	76	4,4	77	7,8	64	3,8	59	4,8	.	.
	4. Kupfer	106	4,3	92	3,7	91	5,3	80	4,9	88	5,4	90	1,7	47	11,6	53	12,3	.	.
	I. Mittel . . .	87	4,6	83	3,4	75	2,6	62	4,1	69	5,6	78	6,3	50	15,1	56	8,6	.	.
Apparat II	1. harter Stahl	98	4,3	80	3,0	103	3,5	114	8,8	155	10,9	.	.	.	.	.	.	.	.
	2. geglühter Stahl	99	3,2	97	2,2	103	2,1	87	6,8	97	2,4	89	4,1	101	2,8	.	5,0	.	.
	3. Messing	114	3,2	103	4,9	105	8,8	97	9,7	94	17,2	89	15,8	98	10,6	138	1,7	.	.
	4. Kupfer	95	4,3	104	0,9	90	2,6	105	3,6	105	5,6	108	5,2	102	10,4	150	3,1	.	.
	II. Mittel . . .	102	3,8	96	2,8	100	4,3	101	7,2	113	9,0	95	8,4	100	7,9	144	3,3	.	.
Apparat III	1. harter Stahl	148	1,0	165	1,8	177	14,2	160	0,9	157	2,8	.	.	.	.	.	.	.	.
	2. geglühter Stahl	113	5,9	116	1,7	126	4,1	169	6,0	158	6,8	167	1,9	163	7,8	.	.	.	.
	3. Messing	111	9,9	110	7,7	121	1,7	134	3,8	138	0,9	140	0,7	146	2,5	103	7,7	.	.
	4. Kupfer	100	1,2	116	3,7	114	1,5	119	2,4	116	1,4	121	4,4	147	2,1	84	1,7	.	.
	III. Mittel . . .	118	4,5	127	3,7	135	2,9	146	3,3	142	3,0	142	1,8	152	4,1	94	4,7	.	.
Apparat IV	1. harter Stahl	82	2,2	90	2,1	81	4,5	95	4,2	46	6,3	.	.	.	.	.	.	.	.
	2. geglühter Stahl	99	3,8	96	3,2	81	6,7	85	9,1	77	6,0	77	7,1	93	4,1	.	.	.	.
	3. Messing	96	3,7	103	4,2	95	6,8	95	5,5	92	17,4	94	2,5	92	10,3	98	12,3	.	.
	4. Kupfer	99	9,4	88	6,6	104	2,7	96	5,1	91	11,1	81	12,9	104	0,5	114	2,0	.	.
	IV. Mittel . . .	94	4,8	94	4,0	90	5,2	98	6,0	77	10,2	84	7,5	98	5,0	106	7,2	.	.
Mittlerer Fehler für I—IV		.	4,4	.	3,5	.	3,7	.	5,2	.	7,0	.	.	.	.	.	.	.	.

Nach Blatt 4 Fig. 12 werden die Fehler für 5—30 g am geringsten und können als constant angesehen werden. Man kann für diesen Abschnitt den mittleren Fehler der Apparate schätzen auf:

Mittlere Vergleichszahlen für Apparat: I 77, II 100, III 131, IV 93

Die mittleren Fehler für 5—30 g werden für Apparat . . . . . : I = 3,7 %, II = 4,5 %, III = 3,6 %, IV = 5,0 %

Mittel: = ± 4,2 % der gemessenen Werthe.

Digitized by Google

Tabelle 8. **Ergebnisse der Hauptuntersuchung.**

Rißbreiten in Umdrehungen der Mikrometerschraube (R).

Die in ( ) gesetzten Werthe sind aus den unten angegebenen Gründen vom Vergleich ausgeschlossen. Die in [ ] gesetzten Zahlen sind zum Vergleich benutzt, sie sind aus Messungsreihen abgeleitet, welchen meist die normale Strichzahl zu Grunde lag.

Apparat Nr.		A. Rißbreite für je drei Striche bei Belastung					Rißbreite für 15 Striche (20 g)	B. Rißbreite für je 5 Striche bei 20 g Belastung			Rißbreite für 15 Striche (20 g)	Härtegrade in R	
		10	15	20	25	30		a	b	c		A	B
1. Blei.	1	7,051	7,458	8,116	10,080	9,546	42,251	14,880	14,070	13,163	42,113		
	2	6,661	8,031	10,009	10,179	9,829	44,709	14,247	13,328	13,531	41,106		
I. Mittel		.	.	.	.	.	43,480	.	.	.	41,610	0,34	0,3[illegible]
	1	7,911	8,535	10,303	11,087	11,801	48,937	16,561	16,200	[13,700] [1]	[46,461]		
	2	7,019	8,594	9,830	10,181	11,441	47,065	17,715	16,332	[14,410] [1]	[48,157]		
II. Mittel		.	.	.	.	.	48,001	.	.	.	[50,688]	0,31	0,30
	1	(7,181)	9,485	9,540	10,553	—[2]	[29,578]	16,189	16,904	17,500	50,593		
	2	(7,111)	8,711	9,018	10,456	—	[28,185]	15,743	16,831	17,540	50,104		
III. Mittel		.	.	.	.	.	[48,137]	.	.	.	50,349	0,31	0,30
	1	5,165	7,202	9,758	10,749	12,303	45,177	15,568	15,829	15,851	47,248		
	2	4,976	7,819	10,590	10,823	11,375	45,483	15,786	15,617	16,110	47,513		
IV. Mittel		.	.	.	.	.	45,330	.	.	.	47,381	0,33	0,32
Mittel I—IV . . .		.	.	.	.	.	[46,337]	.	.	.	[47,507]	0,323	0,320
Verhältnißzahlen	I	.	.	.	.	.	94	.	.	.	88	105	112
	II	.	.	.	.	.	104	.	.	.	106	96	94
	III	.	.	.	.	.	104	.	.	.	106	96	94
	IV	.	.	.	.	.	98	.	.	.	100	102	100
2. Zinn.	1	5,356	5,783	5,954	7,377	7,358	31,828	10,969	11,030	11,369	33,368		
	2	5,213	5,619	6,481	7,114	7,176	31,603	10,947	10,548	11,340	32,835		
I. Mittel		.	.	.	.	.	31,716	.	.	.	33,102	0,47	0,45
	1	5,210	5,895	6,785	7,440	7,602	32,932	11,330	11,085	11,729	34,134		
	2	5,173	6,571	7,312	7,689	9,005	35,743	10,874	12,017	12,291	35,182		
II. Mittel		.	.	.	.	.	34,338	.	.	.	34,658	0,44	0,43
	1	4,195	6,375	7,597	8,020	8,709	34,896	11,283	11,489	12,087	34,809		
	2	4,218	6,868	7,486	8,480	8,205	35,257	11,790	12,461	12,574	36,823		
III. Mittel		.	.	.	.	.	35,077	.	.	.	35,817	0,43	0,42
	1	5,100	6,889	6,767	6,556	8,006	33,318	9,833	9,492	9,853	29,178		
	2	4,951	6,722	7,045	7,652	7,985	34,355	9,431	9,139	9,468	28,038		
	3	.	.	.	.	.	.	10,103	10,347	10,186	30,636		
IV. Mittel		.	.	.	.	.	33,837	.	.	.	29,284	0,44	[0,51[3]]
Mittel I—IV . .		.	.	.	.	.	33,742	.	.	.	.	0,445	[0,453]
Verhältnißzahlen	I	.	.	.	.	.	94	.	.	.	.	106	99
	II	.	.	.	.	.	102	.	.	.	.	99	95
	III	.	.	.	.	.	104	.	.	.	.	97	93
	IV	.	.	.	.	.	100	.	.	.	.	99	112
3. Zink.	1	2,930	3,440	3,974	4,140	4,898	19,382	6,417	6,484	5,847	18,748		
	2	2,818	3,421	3,964	4,339	4,640	19,172	6,381	6,211	6,139	18,731		
I. Mittel		.	.	.	.	.	19,277	.	.	.	18,740	0,78	0,90
	1	2,185	3,103	4,025	4,393	4,626	18,422	6,016	6,377	5,975	18,368		
	2	2,580	3,162	4,029	4,231	4,671	18,674	5,924	6,725	6,465	19,114		
II. Mittel		.	.	.	.	.	18,548	.	.	.	18,741	0,81	0,80
	1	3,468	2,561	4,174	4,333	4,850	19,385	6,707	6,294	6,022	19,023		
	2	3,288	3,593	4,083	3,964	4,571	19,429	6,573	6,001	5,952	18,526		
III. Mittel		.	.	.	.	.	19,407	.	.	.	18,775	0,77	0,80
	1	2,670	2,857	3,333	4,059	4,508	17,427	5,485	5,579	5,672	16,736		
	2	2,792	3,831	3,353	3,858	4,399	18,228	5,737	5,833	5,766	17,336		
IV. Mittel		.	.	.	.	.	17,828	.	.	.	17,036	0,84	0,[illegible]
Mittel I—IV . .		.	.	.	.	.	18,765	.	.	.	18,333	0,800	0,830
Verhältnißzahlen	I	.	.	.	.	.	103	.	.	.	102	97	97
	II	.	.	.	.	.	99	.	.	.	102	101	97
	III	.	.	.	.	.	103	.	.	.	102	96	97
	IV	.	.	.	.	.	95	.	.	.	93	105	107

[1]) Unter c sind nur 4 Striche vorhanden. [2]) Gruppe 30 nicht vorhanden. [3]) 0,51 erscheint zweifelhaft.

Digitized by Google

Apparat Nr.		A. Rißbreite für je drei Striche bei Belastung					Rißbreite für 15 Striche (20 g)	B. Rißbreite für je 5 Striche bei 20 g Belastung			Rißbreite für 15 Striche (20 g)	Härtegrad in R.	
		10	15	20	25	30		a	b	c		A	B
4. Kupfer.	1	2,710	3,263	3,364	3,771	3,555	16,663	Die Striche sind nicht zu Gruppen geordnet.			15,967		
	2	2,766	3,186	3,775	3,908	4,240	17,875				17,452		
I. Mittel		.	.	.	.	.	17,269	.	.	.	16,710	0,87	0,90
	1	2,962	3,776	4,350	4,065	4,536	19,589	[7,541[1]]	6,359	6,310	[20,210]		
	2	2,976	3,836	4,479	4,582	4,998	20,871	[7,927]	6,919	6,319	[21,165]		
II. Mittel		.	.	.	.	.	20,230	.	.	.	[19,351]	0,74	0,77
1. Ritzung	1	(3,349)	3,769	4,948	4,746	(3,754[2])	[13,463]	8,307	6,577	7,251	22,135		
	2	(3,081)	3,989	4,379	4,676	(4,325)	[18,038]	7,886	6,971	6,832	21,689	(0,78[2])	
a Mittel		.	.	.	.	.	[22,085]	.	.	.	21,912	(0,68)	(0,68)
2. Ritzung	1	3,257	4,255	4,840	4,780	5,005	22,137	7,298	6,907	7,424	21,629		
	2	3,229	4,198	4,948	5,051	5,915	23,341	7,470	7,626	8,470	23,566		
b Mittel		.	.	.	.	.	22,739	.	.	.	22,598	(0,66)	(0,66)
III. Mittel aus a u. b		.	.	.	.	.	22,412	.	.	.	22,255	0,67	0,67
	1	2,897	3,763	4,248	4,099	4,633	19,640	6,879	6,434	6,722	20,035		
	2	2,912	3,920	4,413	4,338	5,025	20,608	6,948	6,682	6,852	19,982		
IV. Mittel		.	.	.	.	.	20,124	.	.	.	20,009	0,75	0,75
Mittel I—IV . .		.	.	.	.	.	20,009	.	.	.	19,581	0,758	0,773
Verhältnißzahlen	I	.	.	.	.	.	86	.	.	.	85	115	116
	II	.	.	.	.	.	101	.	.	.	99	98	99
	III	.	.	.	.	.	112	.	.	.	114	89	86
	IV	.	.	.	.	.	101	.	.	.	102	99	97
5. Messing.	1	2,047	2,294	2,574	2,739	2,969	12,623	4,132	4,177	4,101	12,410		
	2	1,913	2,238	2,552	2,883	2,788	12,374	3,970	4,227	4,339	12,536		
I. Mittel		.	.	.	.	.	12,499	.	.	.	12,473	1,20	1,20
	1	1,939	2,984	3,101	3,643	4,092	15,759	5,286	5,755	5,290	16,331		
	2	1,865	2,529	3,042	3,248	3,986	14,670	3,876	5,068	5,726	14,670		
II. Mittel		.	.	.	.	.	15,215	.	.	.	15,501	0,99	0,97
	1	2,682	3,104	3,533	3,705	3,770	16,794	5,114	5,677	5,484	16,275		
	2	2,550	2,779	3,318	3,398	3,779	15,824	5,088	5,410	5,405	15,903		
III. Mittel		.	.	.	.	.	16,309	.	.	.	16,089	0,92	0,93
	1	2,497	2,882	3,387	3,179	3,647	15,592	5,243	5,634	5,504	16,371		
	2	5,009		3,481	3,330	3,466	15,286	5,110	5,552	5,313	15,975		
IV. Mittel		.	.	.	.	.	15,439	.	.	.	16,173	0,97	0,93
Mittel aus I—IV		.	.	.	.	.	14,866	.	.	.	15,059	1,030	1,008
Verhältnißzahlen	I	.	.	.	.	.	84	.	.	.	88	118	119
	II	.	.	.	.	.	102	.	.	.	103	97	96
	III	.	.	.	.	.	110	.	.	.	107	90	92
	IV	.	.	.	.	.	104	.	.	.	107	95	92
6. Nickel.	1	1,671	2,169	2,725	2,949	3,302	12,816	4,612	3,946	3,909	12,467		
	2	1,706	2,045	2,410	2,818	2,955	11,934	4,550	4,104	4,375	13,029		
I. Mittel		.	.	.	.	.	12,375	.	.	.	12,748	1,21	1,18
	1	1,717	2,514	2,822	3,678	3,365	14,096	4,830	4,730	4,940	14,500		
	2	1,968	2,385	2,676	3,262	3,438	13,729	4,817	4,354	4,676	13,847		
II. Mittel		.	.	.	.	.	13,913	.	.	.	14,174	1,08	1,06
	1	2,261	2,669	3,071	3,796	3,881	15,678	4,706	4,909	5,154	14,769		
	2	2,144	3,105	3,120	3,650	3,542	15,561	5,430	5,023	5,404	15,857		
III. Mittel		.	.	.	.	.	15,620	.	.	.	15,313	0,96	0,98
	1	1,819	2,347	2,987	3,359	3,688	14,200	5,045	4,860	4,931	14,836		
	2	1,808	2,387	2,948	3,163	3,705	14,011	4,837	4,819	5,040	14,696		
IV. Mittel		.	.	.	.	.	14,106	.	.	.	14,766	1,06	1,09
Mittel aus I—IV		.	.	.	.	.	14,004	.	.	.	14,250	1,078	1,060
Verhältnißzahlen	I	.	.	.	.	.	88	.	.	.	89	111	111
	II	.	.	.	.	.	99	.	.	.	99	100	100
	III	.	.	.	.	.	112	.	.	.	107	89	92
	IV	.	.	.	.	.	101	.	.	.	103	98	96

[1]) Gruppe hat 6 Striche. — [2]) Scheint aus Versehen mit 25 gr geritzt zu sein, daher zur Härtebestimmung nur Belastung 15,20 und 25 benutzt (ergiebt 0,65). — [3]) 0,78 ist ohne Rücksicht auf die muthmaßlich falsche Ritzung gebildet.

Digitized by Google

Apparat Nr.	A. Rißbreite für je drei Striche bei Belastung					Rißbreite für 15 Striche	B. Rißbreite für je 5 Striche bei 20 g Belastung.			Rißbreite für 15 Striche	Härtegrad in R.	
	10	15	20	25	30	(20 g)	a	b	c	(20 g)	A	B
7. Stahl weich. 1	1,092	1,519	1,798	1,972	2,587	8,968	2,970	2,622	2,602	8,194		
2	1,162	1,501	1,698	1,904	1,992	8,257	3,072	3,117	2,691	8,880		
I. Mittel	.	.	.	.	.	8,613	.	.	.	8,537	1,74	1,76
1	1,671	1,935	1,986	2,244	2,577	10,413	3,570	3,450	3,416	10,436		
2	1,491	1,940	2,148	2,339	2,585	10,503	3,543	3,547	3,652	10,742		
II. Mittel	.	.	.	.	.	10,458	.	.	.	10,589	1,43	1,42
1	1,807	2,184	2,485	2,444	2,779	11,699	4,430	4,032	4,249	12,711		
2	1,873	2,146	2,377	2,416	2,858	11,670	4,069	3,728	4,004	11,801		
III. Mittel	.	.	.	.	.	11,685	.	.	.	12,256	1,28	1,22
1	1,258	1,683	2,143	2,499	2,601	10,184	3,331	3,300	3,642	10,273		
2	1,256	1,820	2,068	2,369	2,627	10,140	3,518	3,122	3,869	10,509		
IV. Mittel	.	.	.	.	.	10,162	.	.	.	10,391	1,48	1,44
Mittel aus I—IV	.	.	.	.	.	10,230	.	.	.	10,443	1,483	1,460
Verhältnißzahlen I	.	.	.	.	.	84	.	.	.	82	117	120
II	.	.	.	.	.	102	.	.	.	101	96	97
III	.	.	.	.	.	114	.	.	.	117	86	84
IV	.	.	.	.	.	99	.	.	.	99	100	99
8. Glas. 1	0,522	0,672	0,756	1,334	1,434	4,718	[0,704][1]	[0,746][1]	1,274	[2,734]		
1. Ritzung. 2	0,414	0,568	0,836	1,251	1,560	4,629	[0,777]	[0,763]	1,479	[3,019]		
Mittel a.	.	.	.	.	.	4,674	.	.	.	[3,925]	(3,21)	(3,53)
2. Ritzung. 1	0,674	0,912	0,978	1,192	1,363	5,119	1,431	1,408	1,247	4,086		
2	0,555	0,635	0,636	1,101	1,450	4,377	1,393	1,720	1,553	4,666		
Mittel b.	.	.	.	.	.	4,748	.	.	.	4,376	(3,17)	(3,42)
I. Mittel	.	.	.	.	.	4,711	.	.	.	4,151	3,19	3,63
1	1,092	1,227	1,318	1,380	1,507	6,524	1,934	1,961	1,985	5,880		
2	1,183	1,450	1,368	1,391	1,511	6,903	1,958	1,928	2,038	5,924		
II. Mittel	.	.	.	.	.	6,714	.	.	.	5,902	2,23	2,54
1	1,251	1,368	1,378	2,382	2,512	8,891	2,487	2,247	2,222	6,956		
2	1,284	1,333	1,543	2,360	2,493	9,013	2,342	2,301	2,377	7,020		
III. Mittel	.	.	.	.	.	8,952	.	.	.	6,988	1,68	2,14
1	0,615	1,013	1,121	1,094	1,080	4,923	1,831	1,878	1,803	5,512		
2	0,540	1,012	1,016	1,098	1,020	4,686	1,987	2,014	2,271	6,272		
IV. Mittel	.	.	.	.	.	4,805	.	.	.	5,892	3,12	2,55
Mittel aus I—IV	.	.	.	.	.	6,296	.	.	.	5,733	2,555	2,713
Verhältnißzahlen I	.	.	.	.	.	73	.	.	.	72	124	133
II	.	.	.	.	.	107	.	.	.	103	87	93
III	.	.	.	.	.	142	.	.	.	122	66	79
IV	.	.	.	.	.	76	.	.	.	103	122	94
9. Stahl hart. 1	0,232	0,752	0,953	1,047	1,186	4,170	1,656	1,707	1,749	5,112		
2	0,290	0,622	0,804	1,143	1,246	4,105	1,613	1,626	1,782	5,021		
I. Mittel	.	.	.	.	.	4,138	.	.	.	5,067	3,63	2,96
1	0,875	0,945	0,942	1,358	1,561	5,681	1,765	1,783	1,694	5,242		
2	0,898	1,070	1,093	1,477	1,546	6,084	1,743	1,834	1,841	5,418		
II. Mittel	.	.	.	.	.	5,883	.	.	.	5,330	2,55	2,82
1	1,166	1,781	1,802	1,857	2,036	8,642	3,152	2,700	2,788	8,640		
2	.	.	1,862	2,013	2,254	9,100	2,669	2,738	2,851	8,258		
3	.	.	.	.	.	.	2,926	3,067	3,282	9,275		
III. Mittel	.	.	.	.	.	8,871	.	.	.	8,724	1,69	1,72
1	0,739	0,779	1,038	1,181	1,316	5,053	Summe aus 20 Linien			6,476		
2	0,706	0,767	1,040	1,211	1,313	5,037	desgl.			6,444		
IV. Mittel	.	.	.	.	.	5,045	.	.	.	4,920	2,97	3,05
Mittel aus I—IV	.	.	.	.	.	5,984	.	.	.	6,010	2,17	2,638
Verhältnißzahlen I	.	.	.	.	.	69	.	.	.	84	134	112
II	.	.	.	.	.	98	.	.	.	88	94	107
III	.	.	.	.	.	148	.	.	.	145	63	65
IV	.	.	.	.	.	84	.	.	.	82	110	116

[1]) Die beiden ersten Gruppen enthalten nur je 8 Striche.

Digitized by Google

Tabelle 4. **Schlußzusammenstellung.**

		Härtegrade der Proben									Apparat	Mittlere Verhältnißzahl
		1. Blei	2. Zinn	3. Zink	4. Kupfer	5. Messing	6. Nickel	7. Stahl weich	8. Glas	9. Stahl hart		
Mittlere Härte in R nach	Ritzungsart A =	0,323	0,445	0,800	0,758	1,020	1,078	1,483	2,555	2,710		
	„ B =	0,320	0,453	0,820	0,773	1,008	1,060	1,460	2,713	2,638		
Mittel A und B . . .		0,322	0,449	0,810	0,776	1,014	1,069	1,472	2,634	2,674		
Abweichung vom Mittel . . .		0,002	0,004	0,018	0,008	0,006	0,009	0,012	0,079	0,036		
desgl. in % . . .		0,6	0,9	1,2	1,0	0,6	0,8	0,8	3,0	1,3		
Zusammenstellung der Verhältnißzahlen	A	105	106	97	115	118	111	117	124	134	.	.
	B	112	99	97	116	119	111	120	133	112	.	.
I. Mittel . . .		108,5	107,5	97,0	115,5	118,5	111,0	118,5	128,5	123,0	I	114,2
Zusammenstellung der Verhältnißzahlen	A	96	99	101	98	97	100	96	87	94	.	.
	B	94	95	97	99	96	100	97	93	107	.	.
II. Mittel . . .		95,0	97,0	99,0	98,5	96,5	100,0	97,0	90,0	100,5	II	97,1
Zusammenstellung der Verhältnißzahlen	A	96	97	96	89	90	89	86	66	63	.	.
	B	94	93	97	86	92	92	84	79	65	.	.
III. Mittel . . .		95,0	95,0	97,0	87,5	91,0	91,0	85,0	72,5	64,0	III	86,4
Zusammenstellung der Verhältnißzahlen	A	102	89	105	99	95	98	100	122	110	.	.
	B	100	(112)	107	97	92	96	99	94	116	.	.
IV. Mittel . . .		101,0	[99,0]	106,0	98,0	93,5	97,0	99,5	108,0	113,0	IV	101,6

Tabelle 5. **Härtegrade der Probekörper.**

		Vergleichszahlen	Härtegrade der Proben								
			1. Blei	2. Zinn	3. Zink	4. Kupfer	5. Messing	6. Nickel	7. Stahl weich	8. Glas	9. Stahl hart
Ritzungsart	A	.	0,34	0,47	0,78	0,87	1,20	1,21	1,74	3,19	3,63
	B	.	0,36	0,45	0,80	0,90	1,20	1,18	1,76	3,62	2,96
I. Mittel A u. B		.	0,350	0,460	0,790	0,885	1,200	1,195	1,750	3,405	3,295
Ritzungsart	A	.	0,31	0,44	0,81	0,74	0,99	1,08	1,43	2,23	2,55
	B	.	0,30	0,43	0,80	0,77	0,97	1,06	1,42	2,54	2,82
II. Mittel A u. B		.	0,305	0,435	0,805	0,755	0,980	1,070	1,430	2,385	2,685
Ritzungsart	A	.	0,31	0,43	0,77	0,67	0,92	0,96	1,28	1,68	1,69
	B	.	0,30	0,42	0,80	0,67	0,93	0,98	1,22	2,14	1,72
III. Mittel A u. B . . .		.	0,305	0,425	0,790	0,670	0,925	0,970	1,250	1,910	1,710
Ritzungsart	A	.	0,33	0,44	0,84	0,75	0,97	1,06	1,48	3,12	2,97
	B	.	0,32	0,49	0,88	0,75	0,93	1,02	1,44	2,55	3,05
IV. Mittel A u. B. . . .		.	0,325	0,465	0,860	0,750	0,950	1,040	1,460	2,835	3,010
Härtegrade nach Umrechnung mit den Vergleichszahlen.											
Apparat I	AB	0,877	0,307	0,402	0,691	0,774	1,050	1,045	1,530	2,985	2,880
„ II	AB	1,032	0,315	0,449	0,830	0,779	1,012	1,105	1,480	2,460	2,780
„ III	AB	1,159	0,354	0,493	0,916	0,776	1,075	1,127	1,450	2,220	1,980
„ IV	AB	0,983	0,319	0,457	0,845	0,736	0,932	1,022	1,435	2,790	2,960
Mittel I-IV AB . . .		.	0,324	0,450	0,821	0,766	1,017	1,074	1,474	2,614	2,650
Mittlere Härtegrade, ausgedrückt in mm		.	168	234	426	398	528	557	765	1355	1375

Digitized by Google

Zum Schluß habe ich noch zu bemerken, daß ich mir vorbehalten, auf die von Herrn Regierungsrath Professor Kick in Prag gemachten Einwände gegen das Ritzverfahren als Methode der Härtebestimmung später besonders einzugehen, nachdem ich das Beobachtungs-

Tabelle 6.

Härtegrade von Zinn-Kupferlegirungen.

Lfd. Nr.	Legirung	Gewicht des Einsatzes g	Gewicht des Königs g	Bemerkungen	Härtegrade: nach Apparat IV in R	Härtegrade: nach Apparat IV in μ = R. 0,877 . 52	Härtegrade: nach der Mohsschen Skala (wie sie in der Anstalt vorhanden)	Härtegrade: durch Ritzen der polirten Fläche des einen Körpers mit einer Ecke des andern	Härtegrade: durch Verhalten beim Bearbeiten
1.	Sn	10	.	.	0,62	282	ritzt Gyps, Kalkspath nicht; wird von Kalkspath geritzt, von Gyps nicht	ritzt 2 u. 13 nicht, wird von 2 geritzt	sehr weich
2.	Cu Sn_5	0,97 : 9,03	.	.	0,80	364	wie bei 1	wird von 3 mehr geritzt, als 3 von 2	beim Sägen weich
3.	Cu Sn_4	1,19 : 8,81	9,975	.	0,83	378	wie bei 1	wird von 2 kaum, von 4 schwach geritzt und ritzt 4 ebenfalls schwach	desgl. — aber härter
4.	Cu Sn_3	1,52 : 8,48	9,21	.	0,98 0,66	446 300	wie bei 1	wird von 3 u. 5 schwach geritzt; ritzt 5 schwach, 2 u. 1 deutlich	wie bei 3
5.	Cu Sn_2	2,12 : 7,88	9,65	in der Kohle viele Kügelchen	1,07 0,48	487 218	wie bei 1	wird von 6 schwach geritzt; ritzt 4 noch schwächer u. 6 kaum, 3 u. 2 aber deutlich	wie bei 2
6.	Cu Sn	3,50 : 6,50	10,03	einige Kügelchen	1,37 —	625 —	wird von Kalkspath nicht mehr deutlich geritzt, scheint diesen schwach zu ritzen; wird von Flußspath geritzt und ritzt diesen nicht	wird von 5 nicht geritzt, ritzt aber 5; ritzt 4 bis 1 deutlich	spröde
7.	Cu_2 Sn	4,82 : 5,18	9,52	viele Kugeln und Metall	1,82	830	scheint Kalkspath schwach zu ritzen, wird von ihm nicht geritzt, wird von Flußspath nicht geritzt, ritzt Flußspath nicht erkennbar, wird von Apatit deutlich geritzt	wird von 6 nicht geritzt, ritzt 6 schwach u. 5 bis 1 deutlich	sehr spröde u. hart, bricht beim Sägen
8.	Cu_3 Sn	6,18 : 3,82	9,94	wenige Kugeln	2,42	1100	ritzt Kalkspath deutlich, Flußspath wenig, Apatit gar nicht; wird von Apatit schwach, von Flußspath kaum geritzt	wird von 7 kaum geritzt; ritzt 7 und sehr deutlich 6	sehr hart, zerbröckelt beim Sägen in Stücke
9.	Cu_4 Sn	6,83 : 3,17	9,345	viele Kugeln	2,23	1020	ritzt Flußspath, Apatit nicht; wird von Apatit geritzt	wird von 8 durchaus nicht geritzt; ritzt 8; ritzt 7 u. wird von 7 nicht geritzt; ritzt 6 sehr deutlich	fast unsägbar, kleine Stückchen springen ab, noch härter als 8, wird zur Herstellung der Fläche zerschlagen
10.	Cu_5 Sn	7,29 : 2,71	9,84	keine Kugeln	2,19	1000	wie bei 9	wird von 9 nur sehr schwach geritzt; ritzt 9 durchaus nicht, ritzt 8 nicht und wird von 8 nicht geritzt; ritzt 7 deutlich	wie bei 9, zerspringt beim Zerschlagen jedoch nicht so leicht
11.	Cu_{10} Sn	8,43 : 1,57	9,96	keine Kugeln	1,81	825	ritzt Kalkspath und wird von ihm nicht geritzt; ritzt Flußspath nicht und wird von ihm geritzt	wird von 10, 9, 7 sehr deutlich geritzt, von 6 schwach u. von 4 nicht; ritzt 10, 9, 8 u. 7 nicht, aber 6 u. 5 sehr deutlich	hart, großer Widerstand beim Sägen
12.	Cu_{15} Sn	8,90 : 1,10	9,84	keine Kugeln	1,71	780	ritzt Kalkspath und wird von ihm geritzt; ritzt Flußspath nicht und wird von ihm geritzt; ritzt Gyps und wird nicht von ihm geritzt	wird von 11 bis 6 deutlich, von 5 schwach geritzt; ritzt 11 bis 7 nicht, 6 nur schwach u. 5 deutlich	wie bei 11
13.	Cu_{20} Sn	9,15 : 0,85	9,87	keine Kugeln	1,77	816	ritzt Kalkspath nicht und wird von ihm schwach geritzt; ritzt Flußspath nicht und wird von ihm geritzt	wird von 12 bis 6 deutlich, von 5 schwach, von 4 sehr schwach geritzt; ritzt 12, aber 11 bis 7 nicht, 6 schwach u. 4 deutlich	noch hart, jedoch schon weicher als 12
14.	Cu_{25} Sn	9,32 : 0,68	9,76	keine Kugeln	1,48	675	ritzt Kalkspath nicht und wird von ihm nicht geritzt	wird von 13 u. 12 schwach, von 11 bis 6 deutlich, von 5 schwach geritzt; ritzt 13 u. 12 schwach, 11 bis 6 nicht, 5 schwach u. 4 deutlich	wie bei 13

Bemerkungen: **Zu 10.** Zeigt beim Schneiden noch Kupferstücke; wird umgeschmolzen. — **Zu 13.** Das Zinn wird in Kupferfolie eingewickelt und dem Kupferdraht beigegeben. — **Nr. 2 bis 9.** Zinn- und Kupferfolie; **Nr. 10 bis 13** Zinnfolie und Kupferdraht. — **Zu 2 bis 6.** Die polirte Fläche läßt unter dem Mikroskop die Ausscheidungen stengelig ästig angeordneter Gefügetheile erkennen, welche andere Härte besitzen als die Grundmasse. — **Bei 4 bis 6** kommt dies auch durch die Ritzung zum Ausdruck; die obere Zahl giebt jedesmal die Härte der härteren, die untere diejenige der weicheren Stellen an. **Bei 6** konnte die letztere Zahl nicht mehr ermittelt werden. — **Zu 7 bis 10.** Ausscheidungen sind nicht bemerkbar. — **Zu 11 bis 14.** Ausscheidungen treten wieder hervor, haben aber mehr Tannenbaumform.

Digitized by Google

material noch weiter vermehrt haben werde. Ich schließe hier ohne weitere Erläuterung zunächst noch eine Versuchsreihe (Tab. 6) an, welche ich mit kleinen zu dem Zweck besonders eingeschmolzenen Probestücken von Zinn-Kupferlegirungen ausführte.

Die Probekörper sind im Gasgebläse in Porzellantiegeln unter Kohlenpulver aus Zinnfolie und Kupferfolie oder Kupferdraht geschmolzen, nach dem Schmelzen mit einem Weißbuchenstabe gehörig gerührt und dann erkalten gelassen.

Die Feststellung der Härte durch gegenseitiges Ritzen der Körper bietet Schwierigkeiten, wie aus der folgenden Tabelle erkannt werden kann.

(Tab. 6 siehe S. 236.)

Die Härte von Schellack (Probe 15 bis 18) habe ich wie folgt gefunden:

15. Aus Stangenschellack unter starker Erhitzung geschmolzen, Härte an zwei Stellen nahe bei einander . . . . . 0,39 und 0,39 } oder 178

16. Aus Blätterschellack zusammengeschmolzen, an zwei Stellen weit von einander . . . . . 0,38 . oder 173
und 0,36 . oder 164

17. Aus Blätterschellack stark erhitzt, an zwei Stellen weit von einander . . . . . 0,33 0,33 } oder 150

18. Desgl. langsam erhitzt, sonst wie oben . . . . . 0,37 und 0,37 } oder 168

Die Ritzungen wurden bei etwa 22—23 C° ausgeführt. Schellack und Zinn erwiesen sich beim Ritzen mit ihren Ecken gegen ihre Flächen als gleich hart.

Das Zinn hatte nach den früheren Untersuchungen
Härtegrad 0,45 oder 234 (Walzzinn, Nr. 2 der Tab. 5)
und 0,62 oder 282 (gegossen, Nr. 1 der Tab. 6)

2. Ueber Einrichtung und Ziele der Königl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt.[1])

Vom Vorsteher Professor A. Martens.

(Abdruck aus der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Band XXXIV Nr. 904.)

M. H. Je kräftiger die Entwicklung der Technik geworden, je mehr die Leistungsfähigkeit in der Herstellung der Materialien gestiegen, je größer die Anforderungen gewachsen, welche von dem Konstrukteur gestellt werden, je mehr die Erkenntniß von der Wirkung, der Art und Weise der Herstellung und Zusammensetzung der in der Technik als Baumaterial benutzten Körper um sich gegriffen, desto wichtiger wird die Prüfung und Feststellung der Eigenschaften und der Güte dieser Materialien, desto vollkommener und sicherer muß das Prüfungswesen eingerichtet und ausgebaut werden. In welchem

[1]) Vortrag, gehalten im westfälischen Bezirksverein deutscher Ingenieure.

Digitized by Google

Maße die Möglichkeit einer exakten Prüfung fördernd und treibend auf die Entwicklung der Industrie gewirkt hat, brauche ich an dieser Stelle nicht auszuführen. Sie alle, die Sie mitten im industriellen Leben stehen, vermögen besser, als ich es schildern kann, die Förderung zu erkennen, welche die Ausführung der chemischen Analyse Ihrer Haupt- und Nebenerzeugnisse, die Erprobung von deren mechanischem Verhalten, die Feststellung von deren elektrischen Eigenschaften u. a. m. Ihnen in Ihren Bestrebungen gewähren. Sie wissen besser als ich zu beurtheilen, in welchem Maße beispielsweise die vielen Formen der Festigkeitsuntersuchungen fördernd auf die Güte der Erzeugnisse der hier ja hervorragend vertretenen Eisenindustrie gewirkt haben. Wohl niemand hat mehr Gelegenheit als die Vertreter der Eisenindustrie, die Tragweite und Wirkung der Probeverfahren zu beurtheilen und unmittelbar die großen Vorzüge und Vortheile, aber auch ihre Schattenseiten, zu erfassen, und deswegen erfreut es mich ganz besonders, mit Ihnen in Meinungsaustausch treten zu dürfen.

Das Wesen der Materialprüfung ist Ihnen allen in so hohem Maße bekannt, die meisten von Ihnen werden so reiche persönliche Erfahrungen auf diesem Gebiete gesammelt haben, daß es Eulen nach Athen tragen hieße, wenn ich hier die gebräuchlichen Formen behandeln wollte. Indem ich annehme, daß die einzelnen besonderer Behandlung werth erscheinenden Punkte ohnehin später von Ihnen zur Sprache gebracht werden, habe ich mich entschlossen, über die Einrichtungen der von mir geleiteten Königl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt in Charlottenburg zu sprechen. Ich glaube dies thun zu dürfen, weil ich hierbei Gelegenheit haben werde, einige bisher nicht allgemein beachtete Seiten des Materialprüfungswesens zu berühren, weil ich weiß, daß die Einrichtungen und Ziele der staatlichen Versuchsanstalten nicht in weiten Kreisen bekannt sind, und endlich, weil ich die Ueberzeugung habe, daß auch den hier vertretenen Kreisen der Industrie die Thätigkeit der Anstalten immer mehr von Nutzen werden kann, je mehr es gelingt, sie in stetige Fühlung mit ihr zu bringen.

Die Königl. technischen Versuchsanstalten zu Berlin sind aus drei Schwesteranstalten gebildet, von denen die Prüfungsstation für Baumaterialien die älteste ist; sie ist, wie die mechanisch-technische Versuchsanstalt, mit der Königl. technischen Hochschule in Charlottenburg verbunden. Beide Anstalten sind in einem besonderen Gebäude auf dem Grundstücke der Hochschule untergebracht. Die chemisch-technische Versuchsanstalt ist mit der Königl. Bergakademie in Berlin verbunden und in deren Gebäude verlegt. Wie die genannten Hochschulen, sind die beiden zuerst aufgeführten Anstalten dem Unterrichtsministerium, die letzte dem Handelsministerium unterstellt. Um dennoch ein gemeinsames Band um die drei Anstalten zu schlingen, die Verwaltung einheitlich zu gestalten und zugleich den an den Anstalten sachlich interessirten Ministerien eine stetige Fühlung zu gewähren, ist aus Vertretern der Ministerien der öffentlichen Arbeiten, für Handel und Gewerbe und der geistlichen u. s. w. Angelegenheiten die Königl. Aufsichtskommission gebildet. Die Anstalten sind je einem Vorsteher unterstellt, dessen Beziehungen zu den Ressortministern und der Aufsichtskommission, ebenso wie der Wirkungskreis der letzteren, durch „Reglements" geordnet werden. Die Ergebnisse von allgemeinem Interesse, welche bei den Arbeiten der drei Anstalten gewonnen werden, werden in den „Mittheilungen aus den technischen Versuchsanstalten" veröffentlicht, die in jährlich sechs regelmäßig erscheinenden Heften im Verlage von Julius Springer herausgegeben werden.

Digitized by Google

Indem ich mich nunmehr der mechanisch-technischen Versuchsanstalt zuwende, möchte ich zunächst ein knappes Bild von ihrer gegenwärtigen Organisation geben, um alsdann auf ihre Einrichtungen und die Art ihrer Arbeiten etwas näher einzugehen.

Die Anstalt ist in drei Abtheilungen zergliedert, denen unter dem Vorsteher je ein Abtheilungsvorsteher gegeben ist. Diese Abtheilungen sind:

1. die mechanische Abtheilung, welcher die mechanische Erprobung der Materialien und die Ausführung von Dauerversuchen überwiesen sind,
2. die Abtheilung für Papierprüfung, der ausschließlich die Untersuchung von Papier obliegt, und
3. die Abtheilung für Oelprüfung, welcher die Untersuchung von Schmierölen überwiesen ist.

Außer dem allen drei Abtheilungen gemeinsamen Bureau, der Kanzlei und dem technischen Bureau ist noch die Werkstatt der technischen Hochschule dem Vorsteher der Versuchsanstalt unterstellt. Das gesammte Personal der Anstalt besteht gegenwärtig aus 33 Personen, welche auf die Abtheilungen wie folgt überwiesen sind.

A) mechanisch-technische Abtheilung:

1 Abtheilungsvorsteher, zugleich Vertreter des Anstaltsvorstehers,
3 Assistenten,
1 technischer Hilfsarbeiter,
1 Anstaltsmechaniker,
3 Gehilfen.

B) Abtheilung für Papierprüfung:

1 Abtheilungsvorsteher,
2 Assistenten,
2 technische Hilfsarbeiter.

C) Abtheilung für Oelprüfung:

1 Abtheilungsvorsteher,
1 Assistent,
1 technischer Hilfsarbeiter.

D) Kanzlei:

1 Beamter, 3 Schreiber und 1 Diener.

E) Technisches Bureau:

2 Assistenten,
2 technische Hilfsarbeiter.

F) Werkstatt:

6 Meister und Arbeiter.

M. H. Diese Zahlen besagen allein schon, daß die Thätigkeit der Anstalt bedeutend umfangreicher ist, als sie gewöhnlich nach außen hin erscheint. Ich hoffe, im Laufe meines Vortrages hierfür noch weitere Beweise liefern zu können.

Was die räumlichen Einrichtungen betrifft, so möchte ich auf die ausgestellten Pläne verweisen und nur bemerken, daß zu dem im Jahre 1884 erbauten Haupt-

Digitized by Google

gebäude im letzten Jahre zwei Anbauten an letzteres und ein besonderes Gebäude für eine Festigkeitsprüfungsmaschine von 500 000 kg Leistungsfähigkeit hinzukommen.

Diese Maschine wird von der Firma C. Hoppe in Berlin nach deren Entwurf für den Preis von etwa 58 000 Mark gebaut und voraussichtlich im Laufe des Sommers aufgestellt werden. Sie wird geeignet sein, Stücke bis zu 17 m Länge auf Zug oder Druck bis 500 000 kg zu beanspruchen. Diese Stücke dürfen fast 1 m Breite oder Durchmesser haben. Leider kann ich Ihnen von der Maschine zur Zeit nur einige skizzenhaft gehaltene Zeichnungen vorführen und die folgenden kurzen Mittheilungen machen. Die aus mehreren Hebeln bestehende Laufgewichtswage befindet sich feststehend am einen Ende der Maschine, während der um 9 m verschiebbare Preßcylinder am entgegengesetzten Ende liegt. Beide Theile sind auf einem Bett aus zwei gußeisernen gitterträgerartig gestalteten Wangen gelagert, dessen obere Flanschen gehobelt sind und zur Führung der beweglichen Stützheile dienen. Die Widerlagerdrucke, welche zum Kraftausgleich von dem Preßcylinder aus auf den feststehenden Theil der Wage (Maschinengestell) übertragen werden müssen, sind durch zwei runde Stahlstangen von 200 mm Durchmesser und etwa 20 m Länge geleitet, welche an einem Ende mit dem Maschinengestell fest verbunden und am anderen zur Verschiebung des Preßcylinders mit Schraubengewinde versehen sind. Da diese beiden 1 m von einander entfernten Stangen sowohl auf Zug als auch auf Druck beansprucht, also der Knickgefahr ausgesetzt sind, so sind verschiebbare Stützen angeordnet, welche die Stangen gegen Knicken aussteifen. Alle beweglichen Theile sind trotz ihres großen Gewichtes leicht zu handhaben, weil sie mittelst Federübertragung auf Rollen so gelagert sind, daß ihr Gewicht fast ganz aufgehoben ist. Die Kupplung der Presse mit dem Gestänge kann nur derart geschehen, daß entweder der Kolben oder der Cylinder fest mit dem Gestänge verbunden ist. Im ersteren Falle wirkt die Kraftäußerung der Presse auf Zusammendrücken des Probekörpers und als Zugkraft im Gestänge, im zweiten Falle wirkt der Cylinder durch ein Geschlinge mit Zugwirkung auf den Probekörper und mit Druck auf das Gestänge. Die Bewegung des Kolbens sowie die Pressung im Druckwasser kann von der Waage, also vom Stande des Beobachters aus, geregelt werden, woselbst auch die Manometer sich befinden. Die Pressung in der Druckleitung kann je nach Stellung des Regulirventiles bis zu 400 Atmosphären steigen; alsdann werden die Pumpen selbstthätig ausgerückt.

Um die Richtigkeit der Wage zu prüfen, ist eine Kontrollwage vorgesehen, die jedoch während der Versuche entfernt werden kann. Außerdem wird von der Firma Friedr. Krupp ein Kontrollstab geliefert, mit welchem die Maschine nach ihrer Ablieferung untersucht werden wird. Es dürfte vielleicht interessiren zu wissen, daß dieser Kontrollstab 13,5 m lang, 1800 kg schwer ist und 2600 Mark kosten wird. Er besteht aus zwei Theilen, von denen der eine vier Probekörpern von verschiedenen Querschnitten entspricht, die so berechnet sind, daß der erste bei etwa 200 t, die übrigen bei 300, 400 und 500 t abreißen werden, während der 9,1 m lange Haupttheil, der eigentliche Kontrollstab, hierbei nur innerhalb der Proportionalitätsgrenze beansprucht bleiben soll. Die Zerreißversuche mit dem erstgenannten Theile sollen nur zur Kontrolle darüber dienen, ob alle Maschinentheile die starken Schläge beim Bruch der Probe ohne Formänderung aushalten, und besonders, ob die Wage dabei ihre Empfindlichkeit behält. Der Kontrollstab soll erweisen, ob die Wage bei allen Belastungen ihr Uebersetzungs-

Digitized by Google

verhältniß und hinreichende Empfindlichkeit bewahrt. Zu dem Zwecke wird der Kontrollstab mit Feinmeßapparaten (Spiegel- oder Rollenfühlhebeln) versehen. Alsdann wird festgestellt, ob bei den verschiedenen Belastungszuständen der gleiche Zuwachs des Kraftmomentes stets den gleichen Zuwachs der Stabdehnung erzeugt. Dieser Stabtheil kann also später immer wieder zur Kontrolle benutzt werden. Selbstverständlich ist es, daß die Prüfung der Maschine auch auf die Untersuchung der Formänderungen ihrer Haupttheile und auf die Größe und Ursache der Reibungswiderstände ausgedehnt wird.

Diese Dinge werden in der Praxis leider weit mehr vernachlässigt, als es wünschenswerth erscheint, da man leicht erkennt, zu welchen Ungerechtigkeiten es führen kann, wenn man eine Maschine ohne weiteres als richtig und zuverlässig ansieht, nachdem das Hebelverhältniß durch Ausmessen oder Annahme auf Treu und Glauben festgestellt und die Empfindlichkeit der Wage nur im unbelasteten oder gering belasteten Zustande erprobt wurde. Viele Prüfungen und Versuche an den Maschinen der Versuchsanstalt und an kleineren Apparaten für Papierprüfung haben bei den Beamten der Anstalt die Ueberzeugung immer mehr befestigt, daß die Festigkeitsprobirmaschine ein außerordentlich empfindliches Instrument ist, welches fortwährend unter strengster Aufsicht gehalten werden muß, und dessen Fehler man genau zu bestimmen hat, wenn man des Ergebnisses auch nur bis auf 1 % sicher sein will. Die von meinem Stellvertreter, Herrn Rudeloff, ausgeführte eingehende Untersuchung einer Maschine aus der Praxis hat diese Ueberzeugung auf das Eindringlichste befestigt, wovon Sie sich an der Hand der demnächst erscheinenden Veröffentlichung leicht überzeugen können.[1]) In der Versuchsanstalt werden daher seit Jahren die Maschinen und Apparate von Zeit zu Zeit geprüft und die Ergebnisse in die hierfür eingerichteten Bücher eingetragen.

In einer großen Halle sind die übrigen Maschinen für Festigkeitsprüfungen untergebracht. Von diesen setze ich die Werder-Maschine von 100 000 kg Leistungsfähigkeit als allgemein bekannt voraus.[2]) Sie kann für Versuche aller Art, als: Zug-, Druck-, Knick-, Scheer-, Biege-, Drehversuche u. s. w. verwendet werden und ist von meinem hochverehrten Freunde Bauschinger mit hier ebenfalls als bekannt vorauszusetzenden sinnreichen und außerordentlich praktischen Feinmeßapparaten aller Art reich ausgerüstet. Wie vielseitig sie benutzt werden kann und wie vollkommen sie ihren Aufgaben gewachsen ist, wissen Sie aus den zahlreichen Veröffentlichungen über die mit ihr gewonnenen Ergebnisse, namentlich aus den Arbeiten von Bach, Bauschinger, Tetmajer u. A.

Außerdem ist eine von mir konstruirte stehende Maschine von 50 000 kg Leistungsfähigkeit zum Zerreißen von Rundstäben und von Flachstäben kleiner Abmessungen aufgestellt. Ich habe die Zeichnungen und Photographien im Saale ausgelegt und begnüge mich damit, im Anschluß an bereits Veröffentlichtes[3]) hier nur Folgendes zu erwähnen. Der Antrieb ist hydraulisch und geschieht durch ein selbstthätig wirkendes Pumpwerk, welches auch die Werder-Maschine bedient. Die Maschine besteht gewissermaßen aus zwei Theilen, indem der Wagehebel einmal durch die aufgelegten Gewichte

[1]) „Mittheilungen" 1890 Heft 3 u. 5.

[2]) „Mittheilungen" 1884 S. 53. Bauschinger: „Maschine zum Prüfen der Festigkeit der Materialien." München 1882, Wolf & Sohn.

[3]) „Zeitschr. d. Ver. d. Ing." 1886 S. 171.

Digitized by Google

ins Gleichgewicht gebracht, ein anderesmal durch den Gegendruck eines hydraulischen Meßapparates darin erhalten werden kann. Das Aufsetzen und Abheben der Gewichte geschieht durch besondere Vorkehrungen vom Platze des Beobachters aus, von wo aus auch alle Messungen und Regulirungen vorgenommen werden können.

Der zweite Theil der Maschine wird benutzt, wenn die Belastung stetig wachsend erfolgen und eine Schaulinie über das Verhalten des Stabes aufgezeichnet werden soll. Alsdann drückt der Wagehebel vermittelst einer Druckstange auf ein hydraulisches Wagesystem, welches durch das Heben und Senken eines Quecksilbergefäßes im Gleichgewicht erhalten wird. Das Heben und Senken dieses Gefäßes wird durch die Bewegungen der Flüssigkeit in den Rohren zwischen den beiden Gefäßen des Meßapparates geregelt, indem die Rohrleitung durch dünne Häutchen unterbrochen ist, welche die Bewegungen der Flüssigkeit mitmachen und hierbei einen elektrischen Strom öffnen oder schließen[1]). Dieser Strom leitet das Spiel der als Bremsen für zwei Laufwerke wirkenden Elektromagnete so, daß bei zu geringem Gegendruck das Quecksilbergefäß steigt, bei zu großem Drucke fällt. In der Gleichgewichtslage wechselt dieses Spiel ungemein schnell, sodaß der mit dem Quecksilbergefäß versehene Zeichenstift still zu stehen scheint. Die Dehnungen des Probestückes werden auf die Zeichentrommel übertragen, und so kommt denn die Schaulinie zu Stande. Solche Schaulinien, wie sie bei Zerreißversuchen mit Eisen im stark erhitzten Zustande gewonnen worden sind, habe ich im Saale ausgelegt. Für die Ausführung von Versuchen bei Wärmegraden von — 20 bis + 600° sind an der Maschine Oefen und Gasgebläse angebracht, welche gestatten, die Erwärmung in der Maschine selbst vorzunehmen und den Wärmegrad während des Versuches gleichbleibend zu erhalten. Weiter ist noch eine Vorkehrung zur Anzeige der Kolbenbewegung und ihrer Geschwindigkeit angebracht, welche den jeweiligen Stand des Kolbens und seine Geschwindigkeit, letztere in 14facher Vergrößerung, erkennen läßt. Diese Einrichtung ermöglicht es, die Geschwindigkeit, mit welcher der Versuch nach dem Ueberschreiten der Streckgrenze vor sich geht, so zu regeln, daß bei allen Versuchen der Stab i. d. Min. mit 1 % seiner ursprünglichen Länge gestreckt wird. Dies ist eine Vorschrift, welche bei allen auf Antrag auszuführenden Versuchen in der Anstalt seit mehreren Jahren stets befolgt wird, weil besonders bei weichen Materialien der Einfluß der Streckgeschwindigkeit auf die Versuchsergebnisse sehr deutlich bemerkbar wird. Wird dies z. B. bei der Prüfung von sehr weichem Eisen, von Kupfer u. a. m. nicht beachtet, so können die Bruchfestigkeiten bei Stäben aus gleichem Material erheblich von einander abweichen. Ich hebe das hier ganz besonders hervor, weil dieser Umstand bisher in der Praxis noch sehr wenig beachtet wird; er kann in Streitfällen von erheblicher Bedeutung werden. Zugleich möchte ich noch wiederholt darauf hinweisen, das auch die Art der Dehnungsmessung nach dem Bruch das Ergebniß außerordentlich, und zwar immer zu Ungunsten des Lieferanten, beeinflussen kann, wenn nicht die Messung nach dem von der Münchener Konferenz[2]) beschlossenen bekannten Verfahren an Stäben ausgeführt wird, welche mit Theilung versehen sind, oder wenn nicht bei der Ausmessung zwischen zwei Marken von 200 mm Abstand alle diejenigen Probestäbe von der Dehnungsmessung ausgeschlossen werden, welche außerhalb des mittleren Drittels

[1]) „Mittheilungen" 1889.

[2]) „Einheitliche Untersuchungsmethoden" u. s. w. Bericht 1887. München, Theodor Ackerman.

Digitized by Google

der Versuchslänge rissen. Wie ich an anderem Orte nachgewiesen habe[1]), kann der Unterschied zwischen beiden Meßmethoden beim Reißen außerhalb der Stabmitte immerhin 5 bis 8 % Dehnung betragen, während er beim Reißen innerhalb des mittleren Drittels nur auf höchstens 1 % zu schätzen ist. In der Versuchsanstalt wird die Dehnungsmessung stets mit Hilfe der auf den Stab angebrachten Zentimetereintheilung vorgenommen.

Zur Ausmessung der elastischen Formänderungen habe ich Spiegelapparate konstruirt, welche wie diejenigen Bauschingers die Feinmessungen bis auf 0,0001 mm auszuführen gestatten. Die Anwendbarkeit der Spiegelapparate für Feinmessungen ist eine außerordentlich mannigfache und lohnende. Da der lange Hebel des Zeigerwerkes, der vom Maßstab kommende, vom Spiegel ins Fernrohr geworfene Lichtstrahl kein Gewicht hat und man nur für eine sichere, immer sehr kleine Bewegung des Spiegels Sorge zu tragen hat, so können diese Apparate außerordentlich zierlich konstruirt werden, wie Sie an den hier ausgestellten Apparaten sehen können, welche ich für die Versuchsanstalt entworfen habe. Da die übrigen Apparate bereits veröffentlicht sind, so verweise ich hier nur auf die dort ausgestellten Apparate zur Formmessung der Probekörper bei Druckversuchen, welche an Probekörpern von nur 10 mm Durchmesser und 13 mm Länge angebracht werden können und so sicher sitzen, daß man bei nur 10 mm Meßlänge bis auf 0,00005 mm ablesen kann. Diese Apparate haben sich trotz ihrer Zierlichkeit, sie wiegen beide zusammen nur 25 g, ausgezeichnet bewährt. Die Methode der Spiegelablesungen ist überhaupt so einfach und so sicher, daß man ihre Anwendung in der Praxis in solchen Fällen, wo genaue Messungen kleiner Formänderungen erforderlich werden, warm empfehlen kann.

Eine dritte Maschine ist von dem Maschinenfabrikanten Wedding konstruirt und geliefert; sie hat 40000 kg Leistungsfähigkeit und ist mit Schraubenantrieb versehen. Sie wird vorwiegend für Biege- und Druckversuche benutzt.

Neuerdings ist noch eine kleine von mir konstruirte und in der Anstaltswerkstatt hergestellte Zerreißmaschine für 500 kg Leistung aufgestellt, welche vollständig selbstthätig wirkt, indem die Bewegungen des Wagebalkens ein entlastetes Ventil beherrschen, welches die Wasserleitung zu einem Treibcylinder so umsteuert, daß das Laufgewicht auf dem Wagebalken beständig um die Gleichgewichtslage spielt; es folgt also, wenn die Beanspruchung im Probestücke fällt oder steigt. Die Bewegungen des Laufgewichtes werden auf die Schreibtafel und diejenigen des Antriebskolbens auf den Schreibstift übertragen. Diese Maschine ist namentlich zum Zerreißen von Pappen, Aktendeckeln, Geweben und Drähten bestimmt.

Eine fünfte Zerreißmaschine mit Schraubenantrieb ist von meinem Vertreter, Herrn Rudeloff, konstruirt. Sie ist horizontal angeordnet, hat 1000 kg Leistungsfähigkeit und wird mechanisch durch Schnur und Vorgelege angetrieben.

Ueber im ganzen 8 Zerreißmaschinen verfügt die Abtheilung für Papierprüfung, von denen 3 Stück nach dem System Hartig-Reusch[2]) und 5 Stück nach dem in der Versuchsanstalt entstandenen System Wendler konstruirt sind. Diese Maschinen sind die Zwerge der Anstalt, denn ihre größte Leistungsfähigkeit beträgt nur 20 kg; aber

[1]) „Mittheilungen" 1890 Ergänzungsheft II.
[2]) „Mittheilungen" 1887 Ergänzungsheft III.

Digitized by Google

nichtsdestoweniger ist auf die Ausbildung, namentlich der letztgenannten Art, große Liebe und Sorgfalt verwendet worden. Das hat sich reichlich belohnt, da die häufigen, auf Antrag ausgeführten Untersuchungen von Maschinen dieser Form (vergl. die ausgelegten Prüfungsbescheinigungen) erwiesen, daß sie in hohem Maße zuverlässig arbeiten und gearbeitet sind. Besonders haben die sehr zahlreich ausgeführten Kontrollen die Erfahrung bestetigt, daß die Spiralfeder, in richtiger Weise angewendet, ein recht brauchbares, zuverlässiges und bequemes Mittel für die Kraftmessung ist.

Die mechanisch-technische Abtheilung ist außerdem noch mit einem großen und einem kleinen Fallwerk ausgerüstet, von welchen ersteres vom Civilingenieur R. Cramer, letzteres von mir konstruirt worden ist. Das große Fallwerk ist vornehmlich für die Prüfung von Eisenbahnmaterialien bestimmt; es ist den Normalbedingungen der Münchener Konferenz entsprechend gebaut und arbeitet bei 10 m Fallhöhe mit einem Bär von 600 kg. Das kleine Fallwerk hat 4,5 m Fallhöhe, ist mit Bären verschiedener Größe und Form bis zu 56 kg schwer versehen und besitzt Hilfseinrichtungen für Stauch-, Biege- und Zerreißversuche unter Schlagwirkung; auch können Bleche auf ringförmigen Unterlagen durchgebeult werden. Dieses kleine Fallwerk hat sich als außerordentlich werthvoll für die Anstalt erwiesen und ist für die mannigfaltigsten Zwecke auch von Seiten der Antragsteller in Anspruch genommen; ja es ist sogar später auch von Großindustriellen und Militärwerkstätten beschafft worden, weil man mit sehr kleinen, schnell herzustellenden Probekörpern durch die einfachen Stauchversuche sich einen Ueberblick über die Gleichartigkeit von Materialien verschaffen kann und die Methode sich deswegen vorzüglich für die Kontrolle während des Betriebes eignet.

Außerdem verfügt die Anstalt über einen großen Glühofen, einen Tiegelschmelzofen und mehrere kleine Gasöfen zum Glühen und Schmelzen von Metallen.

Der Bestand an Instrumenten aller Art ist bereits ein recht ansehnlicher, und es wird Werth darauf gelegt, namentlich gute Meßwerkzeuge zu beschaffen.

Die Rollen und Schneiden der Feinmeßapparate bedürfen selbstverständlich der genauesten Ausmessung und einer immerwährenden Kontrolle. Zu dem Zwecke ist ein Bauschingerscher Dickenmesser beschafft, welcher bis auf 0,0001 mm zu messen gestattet und mit großer Sicherheit arbeitet. Dieser Apparat ist durch Normalkörper mit dem gleichen Apparate Bauschingers verglichen und von der kaiserlichen Normal-Aichungskommission durch Ausmessen des gleichen Normalkörpers an das absolute Maß angeschlossen. Als Normalmaßstäbe werden zwei von Carl Bamberg zu Berlin gelieferte und von der Normal-Aichungs-Kommission verglichene, auf Silber getheilte Maßstäbe benutzt. Zum Ausmessen und zum Theilen der Probestäbe wird eine Theilmaschine verwendet. Zum Ausmessen von Schaulinien, von kleinen Körpern, Ritzungen u. a. m. sind sehr gute mikroskopische Meßapparate von Carl Zeiß in Jena vorhanden. Ferner besitzt die Anstalt besondere Apparate für die Bestimmung der Härte von Metallen, für die mikroskopische Untersuchung von Faserstoffen, Metallen u. a. m., ebenso eine vollständige photographische Einrichtung für die Aufnahme im großen, sowie für mikrophotographische Arbeiten, Rechenmaschinen zur Ausführung größerer Rechnungen und viele andere Hilfsmittel.

Die Sammlung von Instrumenten, von Bruchstücken und geprüften Materialien wird immer reichhaltiger und enthält bereits manche interessante und lehrreiche Stücke.

Digitized by Google

Der zweite große Versuchssaal birgt die Dauerversuchs- und Arbeitsmaschinen für die Herstellung der Probekörper sowie eine große Schmierölprobirmaschine.

Die Dauerversuchsmaschinen sind zum größten Theile schon vor mehr als 40 Jahren von A. Wöhler konstruirt und gingen im Jahre 1871 an die Versuchsanstalt über. Sie beanspruchen die Körper unterhalb der Bruchgrenze und sollen feststellen, wie groß bei verschiedenen Beanspruchungsformen und bei verschiedenen Materialien die Spannungen höchstens genommen werden dürfen, wenn nicht durch eine sehr häufige Wiederholung der Inanspruchnahme der Bruch herbeigeführt werden soll. M. H. Sie erkennen ohne weiteres die Wichtigkeit solcher Versuche, und wissen, in welchem Maße gerade die Wöhlerschen[1]) Versuche dazu beigetragen haben, Hochbau- und Maschinenkonstruktionen sicher und dauerhaft zu machen. Diese Versuche werden noch heute mit Stäben fortgeführt, die schon vom Prof. Spangenberg[2]) eingelegt wurden und nunmehr bereits über 8 Jahre den fortgesetzten Beanspruchungen widerstehen. Es sind Maschinen vorhanden, welche auf wiederholte Zugwirkung, wiederholte Durchbiegung in einer Ebene und auf Biegung nach allen Seiten, sowie solche, welche auf einseitige und doppelseitige Verdrehung wirken. Einige Maschinen zur Prüfung von Drähten und Drahtseilen auf wiederholte Beanspruchung habe ich kürzlich konstruirt und aufgestellt Die eine Maschine ermittelt die Zahl der Biegungen um Rollen von verschiedenen Durchmessern, welche Drähte, Litzen und Seile unter bestimmten Lasten bis zum Bruch ertragen können. Zwei andere Maschinen prüfen Seile und Seilverbindungen, welche zugleich mit einem Theile der zulässigen Belastung auf Zug beansprucht sind, auf die Zahl der Schläge, welche sie bis zum eintretenden Bruche noch zu ertragen vermögen. Es läßt sich schon jetzt ersehen, daß gerade diese Versuche praktisch hoch interessante Ergebnisse liefern werden, wenn sie auch erst in einigen Jahren zum Abschlusse gebracht werden können. Beabsichtigt wird noch die Aufstellung von Maschinen, welche Metalle auf oft wiederholte Schlagwirkung prüfen, um namentlich festzustellen, ob in Folge der oft wiederholten Erschütterungen Gefügeänderungen in den Metallen erzeugt werden.

Die Schmierölprobirmaschine[3]) ist vor einigen Jahren von mir konstruirt. Sie finden die Abbildungen dort drüben. Da diese große Maschine nur mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der Versuchsanstalt entworfen wurde und später das Verlangen nach einer ähnlichen Maschine von seiten der Praxis mehrfach an mich herantrat, habe ich dann einen zweiten, einfacheren Entwurf in den „Mittheilungen“[4]) veröffentlicht, den Sie ebenfalls ausgestellt finden. Das Wesen beider Maschinen ist das gleiche. Wegen des noch zu bewältigenden Materiales darf ich hier leider nur ganz kurz bemerken, daß die große Maschine mit 80 bis 800 Umdr. laufen kann, daß sie die Geschwindigkeit selbstthätig regelt und die Reibungsschaulinie aufschreibt. Die Reibung wird zwischen Zapfen von 100 bis 200 mm Durchmesser und drei schmalen Lagerschalen erzeugt, welche durch einen hydraulischen Druckerzeuger mit Druck bis zu 200 Atm. gegen den Zapfen gepreßt werden können. Letzterer ist hohl und kann von innen mit Wasser gekühlt oder durch Dampf erhitzt werden. Das die Lagerschalen aufnehmende Pendel kann

---

[1]) A. Wöhler. „Ueber die Festigkeitsversuche mit Eisen und Stahl.“ Berlin 1870. Ernst & Korn.

[2]) „Ueber das Verhalten der Metalle bei wiederholten Anstrengungen.“ Zeitschrift für Bauwesen 1874 und 1875.

[3]) „Mittheilungen“ 1889 Ergänzungsheft V.

[4]) „Mittheilungen“ 1890 S. 1.

Digitized by Google

auch in der Längsachse des Zapfens sich um 4 mm frei bewegen. Hierdurch wird auf einfache Weise erreicht, daß die gehärtete und sehr sauber polirte Fläche des Zapfens sich möglichst frei von Riefen hält. Der Zapfen taucht in das zu untersuchende Oel ein, so daß jedes Zwischenmittel zum Schmieren ausgeschlossen ist. Die in der Schmierschicht durch die Reibungsarbeit erzeugte Wärme kann an Thermometern gemessen werden, welche in die Lagerschalen sehr nahe (etwa 2 mm) bis an die reibende Fläche eingelassen sind. Der Ausschlag des Pendels mißt das Reibungsmoment; er wird auf das Papier verzeichnet und durch eine Skala abgelesen. Die Maschine ist bei guter Behandlung so außerordentlich empfindlich, daß das Pendel während ihres Ganges auch noch bei einem Lagerflächendrucke von mehr als 100 Atm. so leicht schwingt, als wenn es an einer Uhrfeder aufgehängt wäre; dabei kehrt es stets genau in die vorher inne gehaltene Gleichgewichtslage wieder zurück. Der Zeichenstift beschreibt hierbei ganz regelmäßig abnehmende Zacken, wie sie auf jenem Blatte verzeichnet sind. Mit dieser Maschine werden die Reibungswerthe der Oele bei verschiedenen Drucken und Geschwindigkeiten unter sonst gleichen Bedingungen ermittelt, so daß die Oele dann in Vergleich gestellt werden können. Eine zweite kleine Oelprobirmaschine ist von mir entworfen, mit welcher die Ausdauerfähigkeit der Schmieröle untersucht und zugleich die Natur ihrer Umwandlungsprodukte während der Arbeitsleistung festgestellt werden soll. Diese Maschine ist noch in der Herstellung begriffen und kommt voraussichtlich im Herbst in Betrieb.

Die Einrichtungen der Abtheilung für Papierprüfung werden für Sie von geringerem Interesse sein, und ich beschränke mich daher darauf, ganz kurz anzuführen, daß daselbst außer den bereits aufgeführten Zerreißmaschinen eine große Reihe vorzüglicher Mikroskope von Zeiß in Jena aufgestellt ist, um damit die im Papier enthaltenen Faserarten zu ermitteln; ferner ist ein chemisches Laboratorium vorhanden, in welchem die Bestimmung des Aschengehaltes, der Leimfestigkeit, der Art der Leimung u. a. m. ausgeführt wird. Ich möchte noch erwähnen, daß unter den in der Versuchsanstalt ausgeführten Verfahren zur Materialprüfung die Papierprüfung zur Zeit wohl am vollkommensten ausgebildet ist. Dies konnte geschehen, weil die im preußischen Staate zu amtlichen Zwecken benutzten Papiere alle gewissen, genau festgesetzten Normalbestimmungen entsprechen müssen, und weil die Versuchsanstalt mit der amtlichen Feststellung der Erfüllung dieser Vorschriften beauftragt ist. Hierdurch war es umsomehr ermöglicht, reiche Erfahrungen zu sammeln, als eine sehr rege Berührung der Anstalt mit der Papierindustrie nothwendig war und diese anfangs stark widerstrebende Industrie der Anstalt sehr scharf auf die Finger sah. Jetzt sind mit den Papierindustriellen gemeinsam neue Normalbestimmungen entworfen worden, welche es den Fabrikanten ermöglichen werden, wieder, wie in alten Zeiten, ihre Fabrikzeichen (Firmen) als Wasserzeichen in das Papier zu setzen. Durch ein außerdem hinzugefügtes vorschriftsmäßiges Zeichen ist der Verbraucher zugleich in die Lage versetzt, zu erkennen, welcher Normalklasse das Papier angehört. Es ist zu hoffen, daß diese Bestimmungen zur Annahme gelangen und dem deutschen Gewerbe in gleicher Weise wie allen Papierverbrauchern von Nutzen werden mögen.

Die Abtheilung für Schmierölprüfung ist erst vor Jahresfrist eingerichtet und in einem aus drei Räumen bestehenden Anbau untergebracht; sie verfügt über die bereits genannten Probirmaschinen, über eine Reihe von Apparaten zur Rohöldestillation, Bestimmung des Flüssigkeitsgrades für verschiedene Wärmegrade, des Brechungs-

Digitized by Google

exponenten, spezifischen Gewichtes, Flamm-, Zünd- und Kältepunktes, sowie über ein chemisches Laboratorium zur Prüfung auf Säuregehalt und auf das Vorhandensein schädlicher Bestandtheile u. s. w. Auch diese junge Abtheilung hat zur Ausbildung des Prüfungswesens auf ihrem Gebiete schon manchen Beitrag liefern können. Es ist wie in den übrigen Abtheilungen vor allen Dingen dahin gestrebt worden, die Zuverlässigkeit der bereits bekannten Methoden planmäßig zu prüfen, ihre Fehlergrenzen festzustellen und an der Hand der gewonnenen Ergebnisse den Nachweis zu führen, daß nur durch einheitlich geregelte Prüfungsverfahren vergleichbare Werthe für die Materialbeurtheilung erlangt werden können.

Die Aufgaben und das Thätigkeitsgebiet der mechanisch-technischen Versuchsanstalt sind, wie sich aus der Schilderung ihrer Einrichtungen bereits erkennen läßt, nicht bestimmt begrenzt. Sie soll sich vorwiegend mit der Untersuchung und Prüfung der Konstruktions- und Verbrauchsmaterialien sowie der Erzeugnisse der mechanischen Industrie befassen, soweit diese Arbeiten nicht in das Gebiet der beiden Schwesteranstalten fallen. Die Versuchsanstalt soll in dieser Richtung den öffentlichen Interessen dienen, indem sie den Staatsbehörden, in gleicher Weise wie den Privaten, gegen Entrichtung mäßiger Gebühren zugänglich gemacht ist und ferner allgemein wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Materialienkunde ausführt; sie soll eine interesselose unparteiische Stelle bilden, welche die Untersuchung der ihr vorgelegten Materialien nach den einwandfreiesten Methoden vornimmt und deswegen befähigt ist, in Streitfällen ein einwurfsfreies Urtheil abzugeben. Die Anstalt ist in ihrem Entwicklungsgange bisher stetig fortgeschritten, und nachdem noch im letzten Jahre beträchtliche Mittel zur Vervollkommnung ihrer Ausrüstung aufgewendet und für Gewinnung eines ausreichenden und tüchtigen Beamtenstandes bewilligt worden sind, wird es ihr ermöglicht werden, ihrer Aufgabe immer mehr gerecht zu werden.

Ueber die Thätigkeit der Anstalt ist bisher sehr wenig in die Oeffentlichkeit gedrungen, und ich glaube, daß auch die Aufmerksamkeit der Fachkreise sehr viel weniger erregt worden ist, als im Interesse der Gewerbe und der Anstalt wünschenswerth erscheint. Denn es kann keinen Augenblick zweifelhaft sein, daß der unmittelbare Nutzen, den die Anstalt für die Industrie haben kann, ein beträchtlicher ist. Um aber in dieser Richtung ihre ganze Leistungsfähigkeit hervorzulocken, ist es allerdings nothwendig, daß zwischen beiden Theilen die engste Fühlung gesucht und aufrecht erhalten wird, und es würde mich sehr freuen, wenn Sie, m. H., in dem diesem Vortrage folgenden Verhandlungen mir Gelegenheit geben wollten, wiederum neue Anknüpfungspunkte zu finden.

Zuvor gestatten Sie mir aber zu zeigen, daß doch die Thätigkeit der Anstalt bei weitem umfangreicher war, als es nach außen hin bekannt ist.

Eine große Zahl von wichtigen Aufgaben, welche der Anstalt von Staatsbehörden und Privaten übertragen werden, entzieht sich völlig der öffentlichen Kenntniß, weil das Interesse, welches die Antragsteller an der Geheimhaltung der Versuchsergebnisse haben oder zu haben glauben, nach den Dienstvorschriften durch Wahrung des Amtsgeheimnisses gesichert werden muß. Unter diesen Theil der Thätigkeit fallen aber ganz naturgemäß die wichtigsten Arbeiten der Anstalt, denn es ist klar, daß die mit den gewöhnlichen Prüfungsmitteln reichlich ausgerüsteten Industriellen und Staatsbehörden nicht mit einfachen und leicht ausführbaren Prüfungsanträgen an die Versuchsanstalt kommen, zumal durch die Verhandlungen und den Zwischenverkehr unvermeidlich Zeit

Digitized by Google

verloren wird. Oft mußten ganz erhebliche Vorarbeiten ausgeführt und neue Apparate konstruirt werden, um diesen Theil der Arbeiten nutzbringend zu erledigen. Aber wenn auch der Nutzen aus diesen Arbeiten für das öffentliche Interesse nicht immer so unmittelbar hervorgetreten ist, wie es bei einer Veröffentlichung der Ergebnisse in den „Mittheilungen" vielleicht der Fall gewesen wäre, so ist doch nicht zu verkennen, daß die Hilfsmittel der Anstalt sowie die Erfahrungen des Personals gerade durch diese Arbeiten ganz wesentlich vermehrt worden sind.

Die Mehrzahl derjenigen Arbeiten, welche auf Antrag ausgeführt werden und bei denen die Veröffentlichung vielleicht gestattet werden würde, pflegt so einfacher Natur zu sein, daß die Bekanntmachung kaum irgend welchen Werth hätte, denn nur außerordentlich selten werden zu den eingelieferten Materialien nähere Angaben gemacht, oder umfangreichere Prüfungen nach verschiedenen Gesichtspunkten beantragt. Wo irgend etwas Gewinn zu erhoffen ist, bemüht sich die Versuchsanstalt stets, die Erlaubniß zur Veröffentlichung zu erlangen.

Einen weiteren Grund dafür, daß die Arbeiten der Anstalt nicht in dem Maaße bekannt sind, wie sie es der Sachlage nach sein könnten, machen in der Regel die Redaktionen der technischen Zeitschriften geltend. Sie weisen darauf hin, daß die Veröffentlichung der Versuchsergebnisse in den „Mittheilungen" zu ausführlich seien, und daß namentlich zu viel Zahlenmaterial gegeben würde. Ja, m. H., das ist ein Einwand, der gewiß die größte Beachtung verdient, und ich möchte Sie bitten, mir einige Worte hierüber zu gestatten, weil ich weiß, daß viele Praktiker ganz ebenso denken. Eine technische Zeitschrift muß ihrem Leserkreise, dessen Interessen in den meisten Fällen eng begrenzt sind, das Gebotene gewiß in gedrängter Kürze liefern. Redakteure und Mitarbeiter sehen es natürlich gerne, wenn die Quelle ihnen den Stoff schon in gedrängter Kürze entgegenbringt. Aber es fragt sich, ob man Recht daran thun würde, nur diesem Verlangen in einem Werke, wie es die „Mittheilungen" bilden, Rechnung zu tragen. Die „Mittheilungen" sind, wenn sie auch in Zeitschriftform erscheinen, meiner Meinung nach in erster Linie als Quellenwerk zu betrachten, sie haben ganz besonders Rücksicht auf die versuchstechnische Seite zu nehmen und deswegen die Versuchsergebnisse in einer solchen Weise zu bringen, daß eine sachgemäße Kritik thunlichst an den Einzelwerthen geübt werden kann, sodaß namentlich auch die mitgetheilten Zwischenzahlen zu einer später vielleicht nothwendig werdenden zusammenfassenden Bearbeitung durch außerhalb der Anstalt stehende Autoren benutzt werden können. Diese Rücksichtnahme schließt es natürlich nicht aus, daß in den Tabellen und im Text die Hauptergebnisse der Arbeit in zusammenfassender und leicht herausgreifbarer Form gegeben werden; das ist aber in der Regel auch geschehen. Oft bin ich aufgefordert worden, selbst Auszüge für technische Zeitschriften zu liefern. Es ist klar, daß hierdurch ohne weiteres die Bekanntmachung der Arbeiten der Anstalt im weiten Umfange erreicht worden wäre. Ich habe dies aber in der Regel abgelehnt, weil es meiner Meinung nach außerordentlich wünschenswerth ist, aus einer öffentlichen Kritik über die geleisteten Arbeiten lernen und Anregung zu weiteren Verbesserungen schöpfen zu können; deswegen halte ich es für nützlicher, wenn die Auszüge aus den „Mittheilungen" thunlichst nicht von Beamten der Versuchsanstalt gemacht werden.

Um Ihnen nunmehr in kurzem ein Urtheil über den Umfang und die Tragweite der ausgeführten Arbeiten zu ermöglichen, gestatten Sie mir anzuführen, daß bereits in

Digitized by Google

den letzten 4 Jahren die Gesammtausgaben sich durchschnittlich auf etwa 45 000 bis 50 000 Mark für das Jahr belaufen haben, während sich der ordentliche Ausgabeetat auf nur 20 000 bis 30 000 Mark bezifferte. Aus diesen Zahlen allein geht hervor, daß die Thätigkeit der Anstalt keine geringfügige gewesen sein kann. In der That sind von ihr seit dem Jahre 1885 folgende große Arbeiten erledigt worden.

Im Auftrage des Ministerium der öffentlichen Arbeiten wurde eine Untersuchung von Eisenbahnmaterialien auf Anregung des Vereines deutscher Eisen- und Stahlindustrieller ausgeführt. Diese Versuche waren außerordentlich umfangreich; sie haben die nothwendigen Unterlagen zur Neuregelung der Vorschriften für die Lieferung von Eisenbahnmaterial erbracht. Es sind viele Tausend Einzelversuche ausgeführt, welche über drei Jahre die Anstalt beschäftigten und über 40000 Mark kosteten, wovon der genannte Verein einen erheblichen Theil übernommen hat. Der Herr Minister hat die Mittel bewilligt, diese Versuche fortzuführen und namentlich das von den Hüttenwerken gelieferte Dauerversuchsmaterial zu probiren. Der Bericht über den ersten Theil dieser Untersuchungen ist im Druck erschienen. Ergänzungsheft II 1890.

Im Anschluß an eine Reihe ausführlicher Untersuchungen über deutsches und schwedisches Drahtmaterial,[1]) über die Verbindungsfestigkeit von Seilverbindungen[2]) und über die Festigkeit von Seilen mit gelötheten Drähten[3]) hat der Herr Minister eine umfangreiche Untersuchung der Konstruktionsverhältnisse an Förderseilen angeordnet. Der erste Theil dieser Untersuchungen hat einen Aufwand von etwa 5500 Mark erfordert; für den letzten Theil sind etwa 15 000 Mark zur Verfügung gestellt. Nach Aufstellung der neuen großen Maschine wird diese Seiluntersuchung die Anstalt noch mehrere Jahre beschäftigen. Augenblicklich schweben Unterhandlungen wegen der Fortsetzung einer ausgedehnten Untersuchung über die Abhängigkeit der Festigkeitseigenschaften der Holzarten Preußens von deren Standorts- und Wachsthumsverhältnissen. Diese Arbeit würde sich auf den Zeitraum von 10 bis 15 Jahren ausdehnen. Das Handelsministerium läßt auf ursprüngliche Anregung durch den Verein deutscher Müller eine umfassende Untersuchung und Vergleichung deutscher und ausländischer Schmieröle vornehmen, über welche zwei Berichte bereits veröffentlicht worden sind.[4]) Ferner ist von diesem Ministerium eine außerordentlich eingehende Untersuchung der Festigkeitseigenschaften von Kupfer auf Grund von Gutachten des Verbandes deutscher Dampfkesselüberwachungsvereine angeordnet, welche die Anstalt mehrere Jahre beschäftigen wird.

Im Auftrage des Vereines für Gewerbefleiß in Berlin und des Vereines deutscher Eisenhüttenleute in Düsseldorf wurde eine Untersuchung der Festigkeitseigenschaften von Eisen bei verschiedenen Wärmegraden zwischen — 20 bis + 600° ausgeführt. Die ausgelegten Schaulinien meiner 50 000 kg-Maschine stammen aus dieser Versuchsreihe, über welche ein Bericht binnen kurzem veröffentlicht werden dürfte.[5]) Andere Vereine und Privatpersonen haben häufig Anregung zu werthvollen, wenn auch

[1]) „Mittheilungen" 1887 Ergänzungsheft II.
[2]) „Mittheilungen" 1888 Ergänzungsheft V.
[3]) „Mittheilungen" 1888 Ergänzungsheft II.
[4]) „Mittheilungen" 1888 III und 1888 V.
[5]) Ist inzwischen erschienen; vergl. „Mittheilungen" 1890 S. 159.

Digitized by Google

weniger umfangreichen wissenschaftlichen Untersuchungen gegeben, über welche in den „Mittheilungen" mehrfach berichtet worden ist.

Es sollte mich von Herzen freuen, wenn mein Vortrag Ihnen die Ueberzeugung gebracht hätte, daß in der mechanisch-technischen Versuchsanstalt bisher ein reges thätiges Leben geherrscht hat, und daß man von sehr vielen Seiten der Anstalt und dem von ihr bearbeiteten Gebiete ein recht lebhaftes Interesse entgegengebracht hat. Es würde mich freuen, wenn Sie aus meinen Worten erkannt haben sollten, daß die Verwaltung der Versuchsanstalten stets rege bestrebt ist, die Hilfsmittel und Hilfskräfte zu mehren, die Methoden zu vervollkommnen und alle Anregungen, welche ihr von außen entgegengebracht werden, gerne zu prüfen und zu benutzen, wo es zur Förderung dienen kann. Um solche Anregung von außen zu suchen, wurden die benutzten Methoden und Apparate in den „Mittheilungen" veröffentlicht und die Räume der Anstalt sowie ihre Einrichtungen jederzeit gern gezeigt, sodaß ihr Thun und Treiben vor der Kritik offen daliegt.

M. H. Wenn von dem Herrn Geh. Bergrath Dr. Wedding vor wenig Wochen in Berlin vor dem Verein für Gewerbfleiß die Befürchtung ausgesprochen wurde, daß staatliche Versuchsanstalten gar leicht der Versumpfung anheimfallen könnten, so lange sie nicht in enger Beziehung zu der Industrie und den Gewerben stehen, so hoffe ich, daß es mir gelungen sein wird, Ihnen zu beweisen, daß von der Versuchsanstalt diese Fühlung stets gesucht und vielfach mit Nutzen gefunden worden ist. Ich habe die Ueberzeugung, daß das technische Versuchswesen im Begriffe ist, sehr kräftig zu wachsen und sich immer förderlicher zum Nutzen der Industrie zu gestalten, und habe die feste Hoffnung, daß unsere staatlichen Versuchsanstalten nicht zurückbleiben, sondern sich ihrer Aufgabe stets gewachsen zeigen werden; sie werden nach meiner Ueberzeugung in ihrer Entwicklung erst dann auf den rechten Standpunkt gekommen sein, wenn sie für die Technik, speziell für das Gebiet der Materialienkunde, das geworden sind, was z. B. Sternwarten, physikalische Institute für die Naturwissenschaft sind, eine Stätte, an welcher mit vollkommensten Hilfsmitteln die grundlegenden Arbeiten gefördert werden, denen der einzelne Mensch, das einzelne Werk nicht gewachsen sind. Je mehr man in die Gebiete der Materialienkunde eindringt, desto bestimmter setzt sich die Ueberzeugung fest, daß mit allen von uns geleisteten Einzeluntersuchungen keine Klarheit in die Grundgesetze getragen wird, welche das Verhalten der von uns erzeugten Materialien je nach Art ihrer Herstellung bedingen. Immer mehr erkennen wir, daß nur zusammenhängende größere planmäßig angelegte Versuchsreihen uns zum Ziele führen, und immer mehr wird sich naturgemäß das Gebiet gerade der staatlichen Versuchsanstalten erweitern, weil nur hier die Interessen sich vereinigen sowie Mittel und Kräfte für große Arbeiten zur Verfügung gestellt werden können.

— — —

3. Einfluß der Reibungswiderstände zwangläufiger Einspannklauen auf die Ergebnisse von Festigkeitsversuchen.

Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff.

Bei Prüfung der Zerreißmaschine des Peiner Walzwerkes (vergl. Mittheil. 1890 1, S. 109—132) zeigten Parallelversuche mit Normalstäben auf dieser Maschine und denjenigen der Versuchsanstalt, daß bei ein und denselben Stäben für gleiche Laststufen

Digitized by Google

innerhalb der Proportionalitätsgrenze die Peiner-Maschine stets größere mittlere Dehnungswerthe lieferte als die Maschinen der Anstalt.

Es besagt dies, daß auch der in den Stäben erzeugte Spannungszuwachs für die jeweilige Laststufe, also auch die Gesammtbelastungen, größer waren, als sie nach der Anzeige der Wiegevorrichtung hätten sein müssen.

Eine allgemeine Betrachtung zeigt nun zunächst, daß Unterschiede in den wirklichen Belastungen den Gewichtsablesungen gegenüber veranlaßt sein können dadurch, daß

a) wegen der mit wachsender Belastung wachsenden Formenänderungen an den Maschienentheilen, namentlich an Hebeln, Schneiden, Pfannen und Zugstangen, die für jeden Belastungszustand in Frage kommenden mathematischen Hebelarme sich ändern;

b) das wirkliche Uebersetzungsverhältniß der Wiegevorrichtung ein anderes ist als dasjenige, welches der Berechnung des nominellen Gewichtswerthes der Belastungsstücke zu Grunde gelegt wurde, oder daß

c) beim Versuch in der Wiegevorrichtung Widerstände auftreten, welche neben dem Moment der Belastungsgewichte durch die Spannung des Probestabes mit zu überwinden sind, damit die Wiegevorrichtung nach der Belastungssteigerung wieder in die Gleichgewichtslage gebracht wird. Vorausgesetzt ist hierbei, daß immer das der neuen Laststufe entsprechende Zusatzgewicht zunächst auf die Wiegevorrichtung aufgebracht und dann erst durch Bethätigung der Spannvorrichtung die Mehrbelastung auf den Probestab übergeführt wird.

Der Einfluß der unter a genannten Fehlerquellen, der Formänderungen an den Maschinentheilen, wird wegen der größeren Durchbiegungen der längeren Hebelarme sich wohl meist in einer zu geringen wirklichen Belastung des Probestabes äußern.[1]) Immerhin darf man aber wohl annehmen, daß die hierdurch veranlaßte Abweichung der wirklichen von der angezeigten Belastung nur von sehr untergeordnetem Betrage ist, sodaß sie hier bei den weiteren Betrachtungen füglich außer Acht gelassen werden kann.

Liegt die Ursache der fehlerhaften Belastungsgröße in dem Uebersetzungsverhältniß der Wage, so muß dieser Fehler für alle Laststufen gleich sein Es muß also auch der Unterschied in dem Dehnungszuwachs für jede Laststufe gegenüber demjenigen Zuwachs an Dehnung, welcher auf einer richtig justirten Maschine gefunden wurde, gleich bleiben. Dies war bei der in Rede stehenden Untersuchung nicht der Fall. Vielmehr nahmen die Dehnungsstufen, wie die nachstehende als Beispiel angeführte Versuchsreihe zeigt, mit zunehmender Belastung anfänglich schnell ab, um erst von etwa 7000 kg an gleich zu werden. Immer blieben aber auch die an sich gleichen Dehnungsstufen noch größer als die auf den Maschinen der Versuchsanstalt ermittelten.

Belastungen		2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
Dehnungsstufen	Peine	200	171	162	156	164	154	155	154	154
	Anstalt	143	143	143	142	144	142	143	144	143

Da nun ferner die Justirung der Wiegevorrichtung an der Peiner Maschine vor Ausführung der vergleichenden Versuche einer genauen Prüfung unterzogen war, welche

[1]) Unter „wirkliche Belastung“ soll im Nachstehenden diejenige Belastung verstanden sein, welche von dem Probestab in der That aufgenommen ist und innerhalb der Proportionalitätsgrenze durch dessen Dehnung gemessen werden kann. Die „angezeigte Belastung“ ist die an der Wiegevorrichtung abgelesene Belastung.

Digitized by Google

ergab, daß der Belastungswerth der zur Maschine gehörigen Gewichtsstücke gegenüber den Anzeigen der Wiegevorrichtung höchstens um 0,5 % zu groß sei, so konnten die abweichenden Dehnungen nicht in einem fehlerhaften Uebersetzungsverhältniß begründet sein. Sie mußten daher auf Widerstände zurückgeführt werden, welche beim Versuch neben dem zu überwindenden Gewichtsmoment auftraten.

Wie in dem oben angezogenen Aufsatz gezeigt ist, wurden diese Widerstände thatsächlich dadurch veranlaßt, daß die mit der Wiegevorrichtung verbundene Einspannvorrichtung mit zwei Stützstiften auf dem Maschinenbett aufstand, sodaß beim Schwingen der Wage die Reibung in diesen Stützpunkten überwunden werden mußte.

Der erhebliche Einfluß, den dieser anscheinend geringfügige Konstruktionsfehler auf das Ergebniß der Feinmessungen ausübte, sowie die bei Prüfungen von Flachstäben auch auf der Werder-Maschine zuweilen gemachte Beobachtung, daß bei Feinmessungen gleiche Laststufen sehr wechselnde Dehnungsstufen ergaben,[1]) veranlaßte mich, die nachstehenden Erörterungen darüber anzustellen, in welcher Weise die Anwendung zwangläufiger Einspannklauen die Ergebnisse der Festigkeitsuntersuchungen zu beeinträchtigen vermögen.

Der Zweck zwangläufiger Einspannklauen ist bekanntlich, die in Folge excentrischen Kraftangriffes beim Zug- oder Druck-Versuch auftretenden, seitlich gerichteten Kraftkomponenten in das Maschinengestell überzuführen. Hierdurch entstehen in den Gleitflächen Reibungswiderstände, welche sich auf die Wiegevorrichtung übertragen. Ihre Wirkung auf den Probestab oder besser auf das Verhältniß zwischen der wirklichen und angezeigten Belastung, ist je nach der Art des Belastungsvorganges und der Anordnung der Wiegevorrichtung zum Stab und Spannwerk eine andere. Zieht man nur den wohl am meisten gebräuchlichen Belastungsvorgang in Betracht, bei dem, wie schon oben gesagt wurde, zunächst die neue Laststufe zugesetzt und dann die abgesunkene Wiegeschale mit Hülfe des Spannwerkes wieder angehoben wird, so bleiben bezüglich der Maschinenanordnung die beiden Fälle zu unterscheiden, ob der Probestab zwischen Wiegevorrichtung und Spannwerk gelegen ist, oder ob die Wiegevorrichtung zwischen Stab und Spannwerk eingeschaltet ist. Im ersteren Fall muß die Spannung des Probestabes nach Fig. 1 beim Anheben des belasteten Wiegehebels auch die Einspannklaue E vorziehen, den Reibungswiderstand also mit überwinden, sodaß die angezeigte Belastung um diesen vermehrt wird. Liegt dagegen die Wage zwischen Stab und

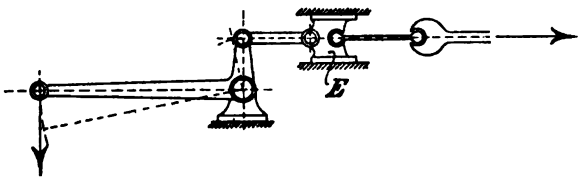


Fig. 1.

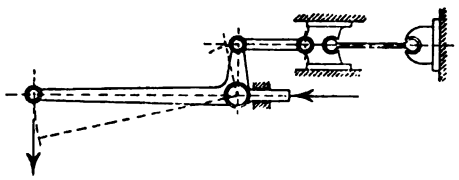


Fig. 2.

[1]) Bei der Werder-Maschine bewegt sich, nach der ursprünglichen, bislang auch in der Versuchsanstalt noch gebrauchten Anordnung, die mit der Wiegevorrichtung verkuppelte Einspannklaue mittelst Rollen auf dem Maschinenbett. Da die Kraftäußerung der hydraulischen Presse durch die Wiegevorrichtung auf die Klaue und den Probestab übertragen wird, so wird die Klaue beim Versuch entsprechend den Dehnungen des Probestabes vorgeschoben. Prof. Bauschinger vermeidet den Widerstand der Klaue dadurch, daß er sie an dem Querhaupt der Maschine aufhängt.

Digitized by Google

Spannwerk, (Fig. 2) so muß letzteres zwar den Reibungswiderstand mit überwinden, da aber dieser in derselben Richtung wirkt wie die Spannung des Stabes, so wird durch ihn ein Theil der angezeigten Belastung aufgewogen, die wirkliche Belastung des Stabes also um diesen Betrag zu gering.

Ferner ist zu unterscheiden, ob die Reibungswiderstände mit zunehmender Belastung des Stabes gleich bleiben, abnehmen oder anwachsen. Betrachtet man diese Verhältnisse zunächst für eine solche Maschine, bei der die Widerstände zu der angezeigten Belastung hinzutreten, so kommt man zu folgendem Ergebniß. Bleiben die Widerstände für alle Belastungen, d. h. während des ganzen Versuches, gleich, so kann ihr Einfluß bei Beobachtungen der einzelnen Dehnungsstufen nicht zu Tage treten, wenn die Beobachtung erst nach Erreichung einer bestimmten Null- oder Anfangsbelastung beginnt, d. h. wenn die Meßapparate nicht an dem unbelasteten Stabe sondern, wie es meist zu geschehen pflegt, unter einer Anfangsbelastung auf Null eingestellt werden. Diese Anfangsbelastung enthält dann den Einfluß der Widerstände bereits in sich. Der Probestab ist mit dieser Anfangsbelastung vermehrt, um die zur Ueberwindung des gleichbleibenden Reibungswiderstandes erforderliche Spannung, von vornherein angespannt, sodaß die weiteren Laststufen eine ihrem Gewichtsmoment entsprechende Dehnung erzeugen, d. h. voll und allein zur Wirkung kommen.

Führt man den Versuch ohne Anfangsbelastung durch, so äußert sich bei gleichbleibendem Reibungswiderstande dieser dahin, daß die erste Dehnungsstufe bei gleichen Laststufen einen größeren Werth aufweist als die weiteren, bei geeignetem Material unter sich gleichen Dehnungsstufen.

Vergleicht man nun den Verlauf des Versuches auf einer Maschine, bei der die Reibungswiderstände die Belastung vermehren, mit demjenigen auf einer reibungsfreien Maschine, indem man die Versuchswerthe als Schaulinien darstellt, s. Fig. 3, so wird diejenige für die letztgenannte Maschine in einer Geraden durch den Nullpunkt des Coordinatensystems hindurchgehen. Für eine Maschine mit Reibungswiderständen schneidet die Schaulinie dagegen die Abscisse, auf welcher die Dehnungen abgetragen werden, in einer Entfernung x vom Nullpunkte, welche die den Reibungswiderständen entsprechende Dehnung darstellt. Im Uebrigen verlaufen beide Schaulinien parallel, da die Dehnungsstufen für die einzelnen Laststufen in beiden Fällen gleich groß sind. Trägt man die Werthe der Dehnungsstufen statt der Gesammtdehnungen auf, so erhält man eine zur Ordinate parallele Linie, welche in beiden Fällen von der Ordinate gleich weit entfernt ist.

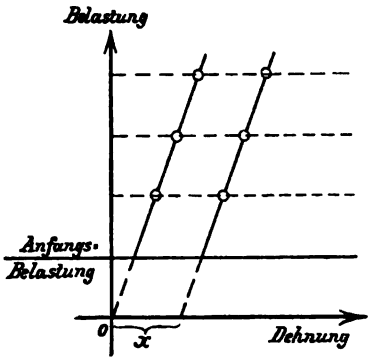


Fig. 3.

Nehmen die Widerstände mit der Belastung zu, so wachsen zugleich auch die unter den einzelnen Laststufen beobachteten Dehnungsgrößen, da zu der angezeigten Belastung immer der Betrag, um den die Reibungswiderstände zunehmen, hinzutritt. Nehmen diese Widerstände mit wachsender Belastung ab, so kommt zwar das Moment des bei jeder Stufe neu aufgesetzten Gewichtes voll zur Wirkung; da aber gleichsam ein Theil derjenigen Dehnung verloren geht, welche in Folge des zu überwindenden größeren Reibungswiderstandes bei der Nullbelastung vorhanden war, so wird die Dehnungs-

Digitized by Google

stufe nun jedesmal um diesen Betrag geringer als sie der Laftzunahme entsprechen würde.

Für die nach den Dehnungsstufen verzeichneten Schaulinien ist zu unterscheiden, ob die Zunahme oder Abnahme der Reibungswiderstände der Belastungszunahme proportional ist, oder ob sie im beschleunigten oder im verzögerten Sinne auftreten. Ist Proportionalität in der Aenderung der Widerstände und Belastung vorhanden, so bleiben auch die Dehnungsstufen proportional. Die nach letzteren aufgetragenen Schaulinien sind wieder Gerade parallel zur Ordinate. Sie fallen nun aber nicht mehr mit der auf einer reibungsfreien Maschine erhaltenen Linie N Fig. 4 zusammen, sondern liegen wie die Linie Z rechts von dieser, wenn die Widerstände zunehmen, und links wie die Linie A, wenn letztere abnehmen. Die Abstände der Linien A und Z von der normalen N geben das Maß für die proportionalen Aenderungen der Widerstände.

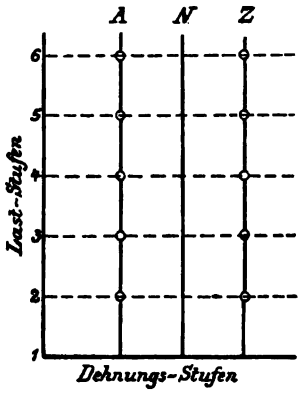


Fig. 4.

Nehmen diese im beschleunigten Sinne zu oder ab, so entfernen auch die nach den Dehnungsstufen aufgetragenen Schaulinien sich immer mehr von der Normalen N (Fig. 5), während sie sich dieser nähern, wenn eine verzögerte Aenderung der Widerstände stattfindet (Fig. 6). Für die

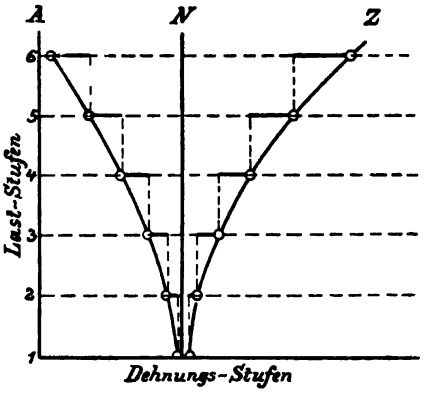


Fig. 5.

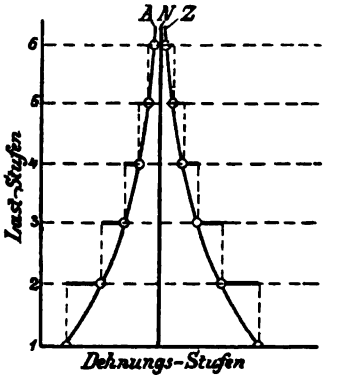


Fig. 6.

Lage der Schaulinien zur Normalen N, sowie für die jeweilige Entfernung der ersteren von dieser behält das zu Fig. 4 Gesagte gleichfalls Gültigkeit.

Selbstverständlich können Fälle eintreten, in denen die Widerstände sich derart ändern, daß die nach den Dehnungsstufen aufgetragene Schaulinie von einer der im vorstehenden besprochenen Richtung in eine andere übergeht. So kann z. B. bei der anfänglich verzögerten Abnahme der Widerstände schließlich ein bestimmter Betrag von Widerstand verbleiben. Die Schaulinie nähert sich der Normalen und fällt dann mit dieser zusammen. Oder die Widerstände nehmen wieder zu, sodaß die Schaulinie nun die Normale nach rechts überschneidet, um dann zu dieser parallel zu verlaufen oder von ihr sich beständig weiter zu entfernen, je nachdem die Zunahme der Widerstände den Laftstufen proportional ist, oder im beschleunigten Sinne stattfindet. Geht ferner

Digitized by Google

die verzögerte Widerstandszunahme in eine proportionale über, so nähert sich die Schaulinie der Normalen nur bis zu einem gewissen Grade, um dann mit ihr parallel zu verlaufen, während sie mit ihr zusammenfällt, sobald die Widerstände konstant bleiben, und sie nach links überschneiden muß, sobald eine Abnahme der Widerstände eintritt.

Beschränkt in ihrem Verlauf ist nur die Linie A Fig. 5. Da nämlich eine Abnahme der Widerstände nur solange stattfinden kann, bis diese gleich Null geworden sind, so kann auch die Schaulinie die Nullpunktsordinate nach links nur dann überschneiden, wenn die beim Anheben der Anfangsbelastung vorhandenen Widerstände eine größere Inanspruchnahme des Probestabes bewirkten als eine volle Laststufe. Gehen nämlich in diesem Falle schon beim Anheben der ersten Laststufe die Widerstände in Folge eintretender Lagenänderung der die Widerstände veranlassenden Maschinentheile ganz oder um mehr verloren, als der Wirkung der Laststufe entspricht, so wird durch das Anheben der letzteren keine Dehnungszunahme, sondern eine Abnahme veranlaßt. Für die Dehnung ergiebt sich also ein negativer Werth, der zur Nullpunktsordinate der Schaulinie nach links aufzutragen ist.

Ferner ist ein Zusammenfallen der Schaulinie A (Fig. 5) mit der Nullpunktsordinate nur möglich, wenn beim Anheben irgend einer Laststufe an Einfluß der Widerstände auf die Belastung des Stabes genau soviel verloren geht, als der Wirkung dieser Laststufe entspricht. Sind aber die Widerstände einmal hinreichend aufgehoben, so kommt dann von der angezeigten Belastungszunahme immer ein Theil oder diese ganz zur Wirkung. Die Schaulinie A, Fig. 5, hat also in allen Fällen einen Wendepunkt, von welchem aus sie in die Normale N übergeht, oder diese sogar nach rechts überschneidet, je nachdem die Widerstände sich auf Null erhalten oder von neuem anwachsen.

Diese Betrachtungen zeigen deutlich, von wie großer Bedeutung es ist, die Reibungswiderstände in der Zerreißmaschine, soweit sie die Empfindlichkeit der Wiegevorrichtung beeinträchtigen, genau zu kennen, um nicht aus den Ergebnissen der Feinmessungen innerhalb der Proportionalitätsgrenze zu ganz falschen Schlüssen bezüglich der elastischen Eigenschaften des untersuchten Materiales zu gelangen. Von gleich großer Tragweite kann aber das Eintreten und Abnehmen der Reibungswiderstände auch auf die Ermittelung der Streckgrenze und der Bruchbelastung werden, wie ohne weiteres ersichtlich ist.

Hiermit dürfte die Unzweckmäßigkeit einer mit der Wiegevorrichtung verbundenen zwangläufigen Einspannklaue, deren Bewegung Reibungswiderstände veranlaßt, klar dargethan sein. Will man also zur Vermeidung schädlicher Biegungsspannungen im Probestabe die Bewegung der Einspannklaue zu einer zwangläufigen gestalten, so wird man zur Erzielung einer brauchbaren Maschine ein besonderes Augenmerk darauf zu zu richten haben, daß durch die Zwangläufigkeit keine Bewegungswiderstände geschaffen werden.

Bei den Maschinen nach Fig. 1, wo der Probestab zwischen Spannwerk und Wiegevorrichtung gelegen ist, ist der Weg der mit der letzteren verbundenen Einspannklaue, deren Schwingung entsprechend, ein sehr geringer. Eine vollständig widerstandsfreie und zugleich einfache Führung kann bei diesen Maschinen durch die Anwendung von Blattfedergelenken oder von auf Spitzen stehenden Stützen von möglichst großer Länge leicht hergestellt werden, wenn die Bewegung der Klaue u. s. w. auf das äußerste

Digitized by Google

Maß eingeschränkt wird. Bei den Maschinen nach Fig. 2 kann dasselbe Ziel beispielsweise in der Weise erreicht werden, daß man die Einspannklaue an einem Schlitten aufhängt oder stützt, welcher in irgend einer Art an dem Maschinen-Gestell geführt und von der Betriebsvorrichtung aus oder auf andere Weise genau den Dehnungen des Probestabes und der Uebertragungstheile entsprechend verschoben wird. Die erforderliche geringe freie Beweglichkeit der Einspannklaue, um den Schwingungen des Wiegehebels zu entsprechen, ist durch deren Aufhängungsweise an dem Schlitten gewährleistet.

IV. Mittheilungen aus der Prüfungsstation für Baumaterialien.

1. Vergleichende Untersuchungen von Puzzolan-, Portland- und Roman-Cementen.

Vom Vorsteher Professor Dr. Böhme.

Die Königliche Kommission für die technischen Versuchsanstalten zu Berlin hat, infolge eines an das Königliche Ministerium der öffentlichen Arbeiten gerichteten Antrages des Vereins deutscher Portland-Cement-Fabrikanten, die Prüfungsstation für Baumaterialien beauftragt, eine Reihe vergleichender Untersuchungen von Puzzolan-, Portland- und Roman-Cementen in einer solchen Anordnung und zu dem Zwecke auszuführen, daß ersichtlich werde, ob die Untersuchung nach den preußischen Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Cement vom 28. Juli 1887 auch zur Vergleichung von Portland-Cement mit anderen Cementen geeignet sei oder nicht.

Die Untersuchungen sind am 22. August 1889 eingeleitet und hierzu:

1. drei Puzzolan-Cemente,
2. drei Portland-Cemente und
3. ein Roman-Cement

benutzt worden, welche theils von Königlichen Baustellen, theils aus dem Handel entnommen waren.

Die Untersuchung der allgemeinen Eigenschaften der benutzten Cemente ergab folgende Werthe:

Es wog im Mittel aus 5 Versuchen:

vom **Puzzolan-Cement**	I.	II.	III.
1 Liter eingelaufen	0,985	1,017	0,886 kg,
1 Liter eingerüttelt	1,422	1,528	1,337 „ ;
vom **Portland-Cement**	IV.	V.	VI.
1 Liter eingelaufen	1,367	1,208	1,345 kg,
1 Liter eingerüttelt	2,014	1,805	2,023 „ ;
vom **Roman-Cement**	VII.		
1 Liter eingelaufen	0,823 kg,		
1 Liter eingerüttelt	1,269 „ ;		

Digitized by Google

Vom benutzten preuß. Normalsand wog:

1 Liter eingelaufen . . . . . 1,410 kg,
1 Liter eingerüttelt . . . . . 1,640 „ .

Der Normalsand wird dadurch gewonnen, daß man einen möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von sechzig Maschen pro Quadratcentimeter siebt, dadurch die gröbsten Theile ausscheidet und aus dem so erhaltenen Sande mittelst eines Siebes von hundertundzwanzig Maschen pro Quadratcentimeter noch die feinsten Theile entfernt.

Das spezifische Gewicht der geglühten Cementpulver ergab sich für

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
auf:	2,836	2,841	2,830	3,130	3,164	3,128	2,907.

Zur Hergabe eines Mörtels von angemessener syrupartiger Konsistenz beanspruchte reiner Cement

für die Puzzolan-Cemente I. II. III.
54% 43% 60% Wasser,
für die Portland-Cemente IV. V. VI.
30% 36% 33% Wasser,
für den Roman-Cement VII 60% Wasser

und ergab für 500 g Cement etwas steifer

für die Puzzolan-Cemente I. II. III.
mit 38,6% 35,8% 48,6% Wasser,
für die Portland-Cemente IV. V. VI.
mit 24,6% 30% 26,7% Wasser,
für den Roman-Cement VII mit 47,5% Wasser

von gleicher Temperatur, wie die trockenen, auf die Temperatur der Luft im Laboratorium gebrachten Cemente sie hatten, angemacht,

für die Puzzolan-Cemente I. II. III.
eine Temperaturerhöhung von . . . 0,5° 1,3° 2,1° C,
für die Portland-Cemente IV. V. VI.
eine Temperaturerhöhung von . . . 1,2° 2,0° 1,0° C,
für den Roman-Cement VII.
eine Temperaturerhöhung von . . . 2,5° C.

$\left.\begin{matrix}\text{Erhärtungsanfang}\\ \text{und Abbindezeit}\end{matrix}\right\}$ der Cemente für diese etwas steifere Normalkonsistenz ergaben sich bei einer Durchschnittstemperatur von 18,4° C, mit Hülfe der Normalnadel nach den Normen ermittelt,

für die Puzzolan-Cemente I. II. III.
auf: $\frac{3^1/_2}{17}$ $\frac{2}{5^1/_2}$ $\frac{2}{11}$ Stunden,
für die Portland-Cemente IV. V. VI.
auf: $\frac{2^1/_3}{5}$ $\frac{1}{4^3/_4}$ $\frac{4^1/_6}{6^1/_6}$ Stunden,
für den Roman-Cement VII auf: $\frac{5/_6}{6}$ Stunden.

Digitized by Google

Die angestellten Siebversuche ergaben auf

		5000	900	600	324	180 Maschen pro qcm	
für den Puzzolan-Cement	I	18,0%	0,6%	0,1%	0,0%	—	Rückstand
" " " "	II	12,0%	1,0%	0,4%	0,1%	0,0%	"
" " " "	III	10,0%	0,6%	0,0%	—	—	"
für den Portland-Cement	IV	24,0%	2,0%	0,5%	0,0%	—	"
" " " "	V	24,0%	5,0%	1,0%	0,2%	0,0%	"
" " " "	VI	26,0%	1,5%	0,2%	0,0%	—	"
für den Roman-Cement	VII	14,0%	5,0%	2,0%	1,5%	1,0%	"

Die zu den Proben auf Volumenbeständigkeit für jede der sieben Cementmarken hergestellten fünf Stück Kuchen aus reinem Cement,

für die Puzzolan-Cemente I. II. III.
mit 38,6% 35,8% 48,6% Wasser,
für die Portland-Cemente IV. V. VI.
mit 24,6% 30% 26,7% Wasser,
für den Roman-Cement VII mit 47,5% Wasser angemacht,

auf Glasplatten ausgebreitet, nach dem Außenrande hin dünn auslaufend gehalten, welche die ersten 24 Stunden an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser erhärteten, blieben für sämmtliche sieben Cemente vollkommen eben, scharfkantig, rißfrei und haftend.

Die benutzten Cemente waren also volumenbeständig.

Bei der Herstellung der Probekörper zu den Festigkeits- und Abnutzungsversuchen betrug im Durchschnitt

die Temperatur der Luft 18,4° C.,
die Temperatur des Wassers 15,5° C.,
die Feuchtigkeit der Luft 63%.

Mit Rücksicht auf den Zweck der Untersuchung wurden zunächst sämmtliche sieben Cemente in der Hauptsache nach den revidirten preußischen Normen, wie sie durch den Circular-Erlaß des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 28. Juli 1887 (vergl. Jahrg. 1888 Heft I. S. 27 u. ff. der Mittheilungen) festgelegt sind, behandelt, und zwar für Zugproben und Druckproben in 1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand für die Erhärtung unter Wasser.

Diesen Versuchen wurden wohlerwogenermaßen auch Versuchsreihen mit Proben derselben Mischung hinzugefügt, welche nur an der Luft zu erhärten hatten.

Ferner gelangten für beide Erhärtungsarten auch Abnutzungsversuche mit Probekörpern obiger Zusammensetzung zur Ausführung.

Die Betrachtung der vorstehend angegebenen Volumengewichte (Liter) für den eingelaufenen und auch für den eingerüttelten Zustand läßt sofort den Unterschied in den Gewichten sowohl der Cemente gleicher Gattung, wie noch mehr solcher verschiedener Gattung erkennen.

So wiegt z. B.

1 Liter des Puzzolan-Cementes I eingelaufen 0,985 kg
eingerüttelt 1,422 " ,

während

1 Liter des Portland-Cementes VI eingelaufen 1,345 kg,
eingerüttelt 2,023 " wiegt.

Digitized by Google

Hieraus geht hervor, daß die Zusammensetzungen von Mörteln aus Cement und Sand nach Gewichtstheilen in demselben Grade zu Abweichungen führen müssen, als die Differenzen der Volumengewichte dies naturgemäß bedingen, was sofort erhellt, wenn man die beiden Cemente I und VI zur Herstellung je einer Mörtelmischung im Verhältniß 1 Cement : 3 Normalsand nach Volumentheilen zusammensetzt und hierzu — der Praxis entsprechend — die Gewichte pro Liter für den eingelaufenen Zustand benutzt.

Man erhält dann für Puzzollan-Cement I

1 Vol. Cement = 1 . 0,985 kg = 0,985 kg Puzzolan-Cement,
3 Vol. Normalsand = 3 . 1,410 „ = 4,230 „ Sand
Sa. 5,215 kg Masse,

welche auf Gewichtstheile umgerechnet das Mischungsverhältniß 0,985 : 4,230 = 1 : 4,294 ergiebt, während für den oben genannten Portland-Cement VI sich ergiebt

1 Vol. Cement = 1 . 1,345 kg = 1,345 kg Portland-Cement,
3 Vol. Normalsand = 3 . 1,410 „ = 4,230 „ Sand
Sa. 5,575 kg Masse,

oder in Gewichtstheilen das Verhältniß 1 : 3,145, welches als nahezu übereinstimmend mit der Herstellung der Mischung 1 : 3 nach Gewichtstheilen betrachtet werden kann, während bei dem für den Puzzolan-Cement ermittelten Verhältniß 1 : 4,294 wegen seines erheblich größeren Sandzusatzes von einer sochen Uebereinstimmung nicht die Rede sein kann.

Zu ähnlichen Resultaten führt auch leicht die umgekehrte Rechnung, wenn man die nach Gewichtstheilen festgesetzten Mischungen 1 : 3 unter Berücksichtigung der oben angegebenen Litergewichte in Volumentheile umsetzt. Es entsteht dann für den Puzzolan-Cementmörtel aus 1 : 3 in Gewichtstheilen ein Mörtel aus 1 : 2,097 in Volumentheilen und für den Portland-Cementmörtel aus 1 : 3 in Gewichtstheilen ein Mörtel aus 1 : 2,864 in Volumentheilen, was bedeutet, daß der Puzzolan-Cementmörtel im Vergleich zum Portland-Cementmörtel einen wesentlich geringeren Sandzusatz enthält.

Auf Grund dieser Thatsachen schien es mit Rücksicht auf die Beantwortung der vorliegenden Fragen geboten, die bereits genannten Versuchsreihen auch noch dahin zu erweitern, daß die gewählten sieben Cemente in derselben Anordnung, jedoch unter Benutzung von Mörtelmischungen aus 1 : 3 in Volumentheilen behandelt wurden, wozu für die Volumentheile die Eingangs angegebenen Gewichte pro Liter (eingelaufen) in Anwendung kamen.

Die Herstellung sämmtlicher Versuchskörper erfolgte mittelst des Normal-Hammer-Apparates unter besonderer Berücksichtigung des für die aus den verschiedenen Cementen angemachten Mörtel erforderlichen Feuchtigkeitsgrades.

Für jede der untersuchten Cementmarken erhärtete die halbe Anzahl der Proben nur an der Luft in einem Raume von 61 — 65 % Feuchtigkeitsgehalt, die übrigen Proben den ersten Tag an der Luft und die folgende Zeit unter Wasser von durchschnittlich 17° C.

Die Ergebnisse der Festigkeits- und Abnutzungsversuche sind durch die nachstehenden Tabellen zusammengefaßt.

Digitized by Google

Puzzolan-Cement I.

Prüfung von Cementproben auf Zugfestigkeit.
Zerreißungsquerschnitt = 5 qcm.

Erhärtung unter Wasser			Erhärtung an der Luft			Bemerkungen
Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	
1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.						10 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	8,75	18,50	1	5,50	8,00	
2	10,50	20,50	2	6,00	8,75	
3	9,00	18,25	3	7,00	7,50	
4	10,50	19,00	4	6,25	10,00	
5	9,50	17,00	5	6,75	7,50	
Sa.	48,25	93,25	Sa.	31,50	41,75	
Mittel	9,65	18,65	Mittel	6,30	8,35	
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.[1])						9½ % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	4,75	10,50	1	5,00	4,75	
2	5,00	11,00	2	3,50	4,50	
3	4,00	11,50	3	4,50	4,75	
4	4,80	12,00	4	4,00	5,00	
5	4,50	11,25	5	3,80	3,75	
Sa.	23,05	56,25	Sa.	20,80	22,75	
Mittel	4,61	11,25	Mittel	4,16	4,55	

Prüfung von Cementproben auf Druckfestigkeit.
Würfel mit 50 qcm Fläche.

Die in den Tabellen angegebenen Zahlen sind Kilogramm pro Quadratcentimeter.

Erhärtung unter Wasser			Erhärtung an der Luft			Bemerkungen
Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	
1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.						10 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	56,0	128,8	1	61,6	95,2	
2	59,4	132,2	2	67,2	106,4	
3	57,1	134,4	3	63,8	96,2	
4	60,5	134,4	4	69,4	87,4	
5	58,2	125,4	5	57,1	89,6	
Sa.	291,2	655,2	Sa.	319,1	474,9	
Mittel	58,2	131,0	Mittel	63,8	95,0	
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.[1])						9½ % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	29,1	67,2	1	33,6	47,0	
2	26,9	69,4	2	31,4	38,1	
3	25,8	65,0	3	34,7	45,9	
4	32,5	66,1	4	32 5	39,2	
5	30,2	62,7	5	31,4	37,0	
Sa.	144,5	330,4	Sa.	163,6	207,2	
Mittel	28,9	66,1	Mittel	32,7	41,4	

Puzzolan-Cement II.

1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.						10 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	17,50	22,50	1	13,25	13,00	
2	18,50	22,00	2	12,50	13,25	
3	17,00	25,00	3	13,50	16,00	
4	15,00	21,75	4	13,00	13,75	
5	15,25	23,25	5	12,50	15,50	
Sa.	83,25	114,50	Sa.	64,75	71,50	
Mittel	16,65	22,90	Mittel	12,95	14,30	
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.[2])						9½ % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	14,00	14,50	1	8,50	9,25	
2	11,50	16,50	2	8,75	8,50	
3	11,00	15,50	3	10,00	10,00	
4	13,50	16,00	4	8,00	8,50	
5	11,50	15,75	5	10,00	11,25	
Sa.	61,50	78,25	Sa.	45,25	47,50	
Mittel	12,30	15,65	Mittel	9,05	9,50	

1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.						10 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	168,0	257,6	1	162,4	179,2	
2	172,4	262,1	2	150,1	170,2	
3	163,5	259,8	3	161,3	188,2	
4	168,0	240,8	4	156,8	184,8	
5	156,8	266,6	5	145,6	168,0	
Sa.	828,7	1286,9	Sa.	776,2	890,4	
Mittel	165,7	257,4	Mittel	155,2	178,1	
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.[2])						9½ % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	95,2	156,8	1	91,8	101,9	
2	97,4	162,4	2	94,1	106,4	
3	104,2	179,2	3	90,7	103,0	
4	106,4	151,2	4	88,5	109,8	
5	98,6	159,0	5	89,6	100,8	
Sa.	501,8	808,6	Sa.	454,7	521,9	
Mittel	100,4	161,7	Mittel	90,9	104,4	

[1]) Die Umrechnung der Volumentheile in Gewichtstheile ergiebt für diese Mischung das Verhältniß Cement : Sand = 1 : 4,245.
[2]) Die Umrechnung der Volumentheile in Gewichtstheile ergiebt für diese Mischung das Verhältniß Cement : Sand = 1 : 4,189.

Digitized by Google

Puzzolan-Cement III.

Prüfung von Cementproben auf Zugfestigkeit.
Zerreißungsquerschnitt = 5 qcm.

Prüfung von Cementproben auf Druckfestigkeit.
Würfel mit 50 qcm Fläche.

Die in den Tabellen angegebenen Zahlen sind Kilogramm pro Quadratcentimeter.

Erhärtung unter Wasser			Erhärtung an der Luft			Bemerkungen
Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	
1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.						11 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	13,75	20,00	1	11,50	18,50	
2	13,00	22,00	2	11,25	17,00	
3	15,50	21,50	3	13,00	18,25	
4	13,00	20,00	4	11,50	19,00	
5	15,50	21,50	5	14,00	17,50	
Sa.	70,75	105,00	Sa.	61,25	90,25	
Mittel	14,15	21,00	Mittel	12,25	18,05	
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.[1])						10 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	7,00	13,75	1	4,50	5,00	
2	6,25	13,25	2	3,50	4,50	
3	7,75	14,00	3	4,25	4,25	
4	6,50	11,50	4	4,00	6,00	
5	7,50	12,00	5	4,25	5,50	
Sa.	35,00	64,50	Sa.	20,50	25,25	
Mittel	7,00	12,90	Mittel	4,10	5,05	

Erhärtung unter Wasser			Erhärtung an der Luft			Bemerkungen
Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	
1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.						11 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	112,0	177,0	1	96,3	145,6	
2	106,4	175,8	2	97,4	154,6	
3	109,8	190,4	3	103,0	151,2	
4	115,4	181,4	4	95,2	168,0	
5	107,5	199,4	5	105,3	162,4	
Sa.	551,1	924,0	Sa.	497,2	781,8	
Mittel	110,2	184,8	Mittel	99,4	156,4	
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.[1])						10 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	52,6	78,4	1	42,6	67,2	
2	51,5	84,0	2	41,4	61,6	
3	40,3	78,4	3	33,6	56,0	
4	49,3	89,6	4	41,4	56,0	
5	41,4	80,6	5	34,7	58,2	
Sa.	235,1	411,0	Sa.	193,7	299,0	
Mittel	47,0	82,2	Mittel	38,7	59,8	

Portland-Cement IV.

1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.						9,5 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	19,50	20,75	1	18,75	23,00	
2	17,00	21,50	2	18,00	23,25	
3	19,25	20,00	3	17,75	24,50	
4	18,25	20,25	4	19,00	24,00	
5	18,50	22,00	5	17,25	23,50	
Sa.	92,50	104,50	Sa.	90,75	118,25	
Mittel	18,50	20,90	Mittel	18,15	23,65	
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.[2])						9,4 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	15,25	18,50	1	16,00	18,25	
2	14,25	20,50	2	16,50	18,00	
3	17,00	19,50	3	17,00	20,00	
4	14,00	19,50	4	14,50	22,25	
5	15,50	18,00	5	15,50	21,75	
Sa.	76,00	96,00	Sa.	79,50	100,25	
Mittel	15,20	19,20	Mittel	15,90	20,05	

1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.						9,5 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	145,6	201,6	1	151,2	205,0	
2	128,8	182,6	2	133,3	215,0	
3	123,2	200,5	3	151,2	212,8	
4	134,4	212,8	4	140,0	208,2	
5	131,0	203,8	5	137,8	210,6	
Sa.	663,0	1001,3	Sa.	713,5	1051,7	
Mittel	132,6	200,3	Mittel	142,7	210,3	
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.[2])						9,4 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	112,0	168,0	1	128,8	212,8	
2	121,0	184,8	2	134,4	201,6	
3	128,8	181,4	3	131,0	190,4	
4	134,4	192,6	4	135,5	201,6	
5	115,4	188,2	5	145,6	183,7	
Sa.	611,6	915,0	Sa.	675,3	990,1	
Mittel	122,3	183,0	Mittel	135,1	198,0	

[1]) Die Umrechnung der Volumentheile in Gewichtstheile ergiebt für diese Mischung das Verhältniß Cement : Sand = 1 : 4,774.
[2]) Die Umrechnung der Volumentheile in Gewichtstheile ergiebt für diese Mischung das Verhältniß Cement : Sand = 1 : 3,094.

Digitized by Google

Portland-Cement V.

Prüfung von Cementproben auf Zugfestigkeit.
Zerreißungsquerschnitt = 5 qcm.

Erhärtung unter Wasser			Erhärtung an der Luft			Bemerkungen
Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	
1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.						10 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	16,00	18,00	1	15,50	21,50	
2	15,50	20,50	2	16,25	22,00	
3	15,00	21,50	3	16,00	21,00	
4	15,50	19,50	4	17,00	19,50	
5	15,00	20,00	5	16,00	20,00	
Sa.	77,00	99,50	Sa.	80,75	104,00	
Mittel	15,10	19,90	Mittel	16,15	20,80	
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.[1])						9½ % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	11,50	16,00	1	15,00	20,25	
2	11,50	17,00	2	13,50	18,00	
3	12,25	19,00	3	11,50	19,00	
4	13,00	17,25	4	13,50	21,00	
5	12,50	16,00	5	12,50	21,50	
Sa.	60,75	85,25	Sa.	66,00	99,75	
Mittel	12,15	17,05	Mittel	13,20	19,95	

Prüfung von Cementproben auf Druckfestigkeit.
Würfel mit 50 qcm Fläche.

Die in den Tabellen angegebenen Zahlen sind Kilogramm pro Quadratcentimeter.

Erhärtung unter Wasser			Erhärtung an der Luft			Bemerkungen
Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	
1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.						10 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	123,2	201,6	1	125,4	194,9	
2	129,9	191,5	2	127,7	201,6	
3	118,7	179,2	3	126,6	202,7	
4	115,4	190,4	4	133,3	190,4	
5	114,2	181,4	5	128,8	200,5	
Sa.	601,4	944,1	Sa.	641,8	990,1	
Mittel	120,3	188,8	Mittel	128,4	198,0	
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.[1])						9½ % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	84,0	153,4	1	100,3	159,0	
2	99,7	154,6	2	99,7	156,8	
3	93,0	145,6	3	100,3	162,4	
4	95,2	147,8	4	95,2	149,0	
5	89,6	156,8	5	98,6	160,2	
Sa.	461,5	758,2	Sa.	495,1	787,4	
Mittel	92,3	151,6	Mittel	99,0	157,5	

Portland-Cement VI.

1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.						10 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	14,25	19,00	1	16,00	22,50	
2	14,50	18,50	2	17,75	21,00	
3	15,75	19,50	3	16,50	21,75	
4	14,50	19,00	4	16,75	20,50	
5	15,00	20,50	5	16,25	21,00	
Sa.	74,00	96,50	Sa.	83,25	106,75	
Mittel	14,80	19,30	Mittel	16,65	21,35	
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.[2])						9½ % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	14,50	19,00	1	16,00	20,50	
2	12,50	18,50	2	15,00	19,00	
3	14,75	19,25	3	17,50	19,50	
4	14,50	18,50	4	15 00	18,50	
5	15,25	18,00	5	17,00	20,75	
Sa.	71,50	93,25	Sa.	80,50	98,25	
Mittel	14,30	18,65	Mittel	16,10	19,65	

1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.						10 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	125,4	184,8	1	128,8	196,0	
2	117,6	190,4	2	123,2	200,5	
3	121,0	189,3	3	125,4	206,1	
4	123,2	187,0	4	143,4	193,8	
5	125,4	193,4	5	135,5	192,6	
Sa.	612,6	944,9	Sa.	656,3	989,0	
Mittel	122,5	189,0	Mittel	131,3	197,8	
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.[2])						9½ % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	113,1	179,2	1	123,2	188,2	
2	112,0	173,6	2	118,7	190,4	
3	109,8	179,2	3	124,3	196,0	
4	101,9	174,7	4	124,3	189,3	
5	106,4	168,0	5	113,1	180,3	
Sa.	543,2	874,7	Sa.	603,6	944,2	
Mittel	108,6	174,9	Mittel	120,7	188,8	

[1]) Die Umrechnung der Volumentheile in Gewichtstheile ergiebt für diese Mischung das Verhältniß Cement : Sand = 1 : 3,502.
[2]) Die Umrechnung der Volumentheile in Gewichtstheile ergiebt für diese Mischung das Verhältniß Cement : Sand = 1 : 3,145.

Digitized by Google

Roman-Cement VII.

Prüfung von Cementproben auf Zugfestigkeit.
Zerreißungsquerschnitt = 5 qcm.

Prüfung von Cementproben auf Druckfestigkeit.
Würfel mit 50 qcm Fläche.

Die in den Tabellen angegebenen Zahlen sind Kilogramm pro Quadratcentimeter.

Erhärtung unter Wasser			Erhärtung an der Luft			Bemerkungen
Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	
1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.						11,5 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	4,00	10,00	1	9,50	15,50	
2	2,25	8,50	2	7,50	14,50	
3	3,00	8,50	3	7,00	13,00	
4	2,50	7,50	4	8,00	16,00	
5	2,50	8,25	5	7,00	12,25	
Sa.	14,25	42,75	Sa.	39,00	71,25	
Mittel	2,85	8,55	Mittel	7,80	14,25	
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.[1])						10,5 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	1,00	3,50	1	5,00	6,50	
2	1,75	3,75	2	3,50	6,25	
3	1,50	4,00	3	3,00	6,00	
4	1,00	3,75	4	4,50	7,50	
5	1,25	4,00	5	4,00	6,75	
Sa.	6,50	19,00	Sa.	20,50	33,00	
Mittel	1,30	3,80	Mittel	4,10	6,60	

Erhärtung unter Wasser			Erhärtung an der Luft			Bemerkungen
Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	Nr.	7 Tage alt	28 Tage alt	
1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.						11,5 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	17,9	60,5	1	33,6	71,7	
2	15,7	63,8	2	35,8	82,9	
3	24,6	60,5	3	38,1	84,0	
4	20,2	65,0	4	38,1	80,6	
5	26,9	62,7	5	40,3	81,8	
Sa.	105,3	312,5	Sa.	185,9	401,0	
Mittel	21,1	62,5	Mittel	37,2	80,2	
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.[1])						10,5 % Wasser. Auf Metallunterlagen eingeschlagene Proben. Die Wasserproben erhärteten den ersten Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser; die Luftproben nur an der Luft.
1	8,9	24,6	1	12,3	32,5	
2	8,9	22,4	2	11,2	38,1	
3	10,1	21,3	3	12,3	32,5	
4	7,8	22,4	4	13,4	34,7	
5	7,8	22,4	5	13,4	33,6	
Sa.	43,5	113,1	Sa.	62,6	171,4	
Mittel	8,7	22,6	Mittel	12,5	34,3	

Prüfung auf Abnutzbarkeit von Würfeln mit 50 qcm Fläche.*)

Die Probekörper erhielten 25 kg Belastung, 30 Umgänge der Schleifscheibe, 20 g Naxos-Schmirgel Nr. 3 auf je 15 Scheibenumgänge bei einem Schleifradius von 22 cm und einer Scheibengeschwindigkeit von 22 Umgängen pro Minute.

Mischung	Alter	Art der Erhärtung	Gewicht vor dem Schleifen G	Dichte der Probe G : V = γ	Gewicht nach dem Schleifen G_1	Verlust $G-G_1=A$ Gramm	Verlust in ccm $\frac{A}{\gamma}$
Puzzolan-Cement I.							
1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.	7 Tage	unter Wasser	778,2	2,192	759,7	18,5	8,53
	28 Tage		763,7	2,204	755,0	8,7	3,95
	7 Tage	an der Luft	752,0	2,119	682,3	69,7	32,89
	28 Tage		680,0	2,111	546,8	133,2	63,10
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.	7 Tage	unter Wasser	751,2	2,117	727,7	23,5	11,10
	28 Tage		730,2	2,203	713,0	17,2	7,81
	7 Tage	an der Luft	709,8	1,999	508,0	201,8	100,95
	28 Tage		712,0	2,006	439,3	272,7	135,94[2])

Mischung	Alter	Art der Erhärtung	Gewicht vor dem Schleifen G	Dichte der Probe G : V = γ	Gewicht nach dem Schleifen G_1	Verlust $G-G_1=A$ Gramm	Verlust in ccm $\frac{A}{\gamma}$
Puzzolan-Cement II.							
1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.	7 Tage	unter Wasser	796,2	2,243	789,7	6,5	2,90
	28 Tage		789,1	2,242	785,1	4,0	1,78
	7 Tage	an der Luft	759,2	2,139	743,7	15,5	7,25
	28 Tage		736,4	2,111	722,5	13,9	6,58
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.	7 Tage	unter Wasser	762,7	2,149	754,7	8,0	3,72
	28 Tage		755,1	2,150	747,1	8,0	3,72
	7 Tage	an der Luft	731,0	2,059	714,6	16,4	7,92
	28 Tage		707,3	2,038	664,1	43,1	21,15

[1]) Die Umrechnung der Volumentheile in Gewichtstheile ergiebt für diese Mischung das Verhältniß Cement : Sand = 1 : 5,140.

[2]) Erhielt wegen der starken Abnutzung nur die halbe Schleifarbeit (15 Scheibenumgänge).

*) Die Umrechnung der Abnutzungswerthe für den Vergleich mit Pflasterungsmaterialien kann — auf Grund von Versuchen — durch Multiplikation der hier angegebenen Volumenverluste mit 9 erfolgen.

Digitized by Google

Prüfung auf Abnutzbarkeit von Würfeln mit 50 qcm Fläche.

Die Probekörper erhielten 25 kg Belastung, 30 Umgänge der Schleifscheibe, 20 g Naxos-Schmirgel Nr. 3 auf je 15 Scheibenumgänge bei einem Schleifradius von 22 cm und einer Scheibengeschwindigkeit von 22 Umgängen pro Minute.

Mischung	Alter	Art der Erhärtung	Gewicht vor dem Schleifen G	Dichte der Probe γ G:V=	Gewicht nach dem Schleifen G_1	Verlust $G-G_1=A$ Gramm	Verlust in ccm $\frac{A}{\gamma}$
Puzzolan-Cement III.							
1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.	7 Tage	unter Wasser	785,2	2,212	765,4	19,8	8,95
	28 Tage		767,2	2,217	762,7	4,5	2,03
	7 Tage	an der Luft	744,3	2,097	707,6	36,7	17,50
	28 Tage		702,4	2,081	673,5	28,9	13,89
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.	7 Tage	unter Wasser	748,2	2,108	726,8	21,4	10,2
	28 Tage		725,7	2,105	713,3	12,4	5,9
	7 Tage	an der Luft	705,9	1,989	516,8	189,1	95,1
	28 Tage		511,0	1,966	337,0	174,0	88,5
Portland-Cement IV.							
1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.	7 Tage	unter Wasser	795,2	2,240	791,0	4,2	1,88
	28 Tage		794,9	2,251	791,0	3,9	1,73
	7 Tage	an der Luft	760,4	2,142	753,0	7,4	3,45
	28 Tage		752,0	2,151	745,7	6,3	2,93
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.	7 Tage	unter Wasser	792,3	2,232	786,4	5,9	2,62
	28 Tage		790,5	2,243	785,2	5,3	2,36
	7 Tage	an der Luft	753,4	2,122	733,3	20,1	9,47
	28 Tage		732,7	2,188	717,5	15,2	6,95

Mischung	Alter	Art der Erhärtung	Gewicht vor dem Schleifen G	Dichte der Probe γ G:V=	Gewicht nach dem Schleifen G_1	Verlust $G-G_1=A$ Gramm	Verlust in ccm $\frac{A}{\gamma}$
Portland-Cement V.							
1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.	7 Tage	unter Wasser	790,8	2,228	785,0	5,8	2,16
	28 Tage		788,2	2,234	783,5	4,7	2,10
	7 Tage	an der Luft	757,8	2,135	751,3	6,5	3,01
	28 Tage		750,9	2,136	746,2	4,7	2,20
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.	7 Tage	unter Wasser	759,8	2,140	750,5	9,3	4,34
	28 Tage		752,4	2,145	748,2	4,2	1,96
	7 Tage	an der Luft	730,5	2,058	722,0	8,5	4,13
	28 Tage		722,6	2,085	716,4	6,2	2,97
Portland-Cement VI.							
1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.	7 Tage	unter Wasser	786,6	2,216	775,2	11,4	5,14
	28 Tage		775,2	2,213	765,6	9,6	4,34
	7 Tage	an der Luft	740,5	2,086	728,3	12,2	5,85
	28 Tage		730,5	2,092	720,5	10,0	4,78
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.	7 Tage	unter Wasser	773,5	2,179	764,5	9,0	4,13
	28 Tage		766,5	2,182	758,3	8,2	3,76
	7 Tage	an der Luft	736,2	2,074	727,8	8,4	4,05
	28 Tage		729,5	2,079	721,7	7,8	3,75

Mischung	Alter	Art der Erhärtung	Gewicht vor dem Schleifen G	Dichte der Probe γ G:V=	Gewicht nach dem Schleifen G_1	Verlust $G-G_1=A$ Gramm	Verlust in ccm $\frac{A}{\gamma}$
Roman-Cement VII.							
1 Gew.-Thl. Cement : 3 Gew.-Thl. Normalsand.	7 Tage	unter Wasser	786,0	2,114	755,0	31,0	14,7
	28 Tage		754,2	2,216	723,9	30,3	13,7
	7 Tage	an der Luft	748,8	2,109	657,2	91,6	43,4
	28 Tage		651,5	2,091	580,2	71,3	34,3
1 Vol.-Thl. Cement : 3 Vol.-Thl. Normalsand.	7 Tage	unter Wasser	732,0	2,062	560,7	171,3	83,6
	28 Tage		736,4	2,074	656,2	80,2	38,6
	7 Tage	an der Luft	700,7	1,974	514,7	186,0	94,4
	28 Tage		696,5	1,962	605,9	90,6	46,2

Die Betrachtung der vorstehenden Tabellen giebt nun zunächst ein Gesammtbild der Ergebnisse aus den verschiedenen Versuchsreihen, wie sie zur Erfüllung des Eingangs genannten Zwecks zur Ausführung gelangten. (Vergl. auch Tafel VI.)

Es war vorauszusehen, daß — wie auch die Resultate bestätigen — die nach Volumentheilen hergestellten Mörtelmischungen in ihren Festigkeiten zurückbleiben

Digitized by Google

würden gegen die nach Gewichtstheilen zusammengesetzten Mörtel, weil eben — wie bereits hergeleitet worden ist — das Verhältniß der Mörtelbestandtheile in den beiden gegenübergestellten Zusammensetzungen ein verschiedenes, durch die Volumengewichte bedingtes ist.

Wenn nun auch bei den benutzten sieben Cementen die Festigkeitsabminderung der Volumenmörtel gegen die Gewichtsmörtel mit Leichtigkeit aus den einfachen Differenzen der Zahlen zu ersehen ist, so erscheint es doch zweckmäßig, diese Abminderung in Prozenten darzustellen, welche, wenn sie auch eigentlich nur für die vorliegenden Cementmarken maßgebend ist, im gewissen Sinne doch einen Anspruch auf eine allgemeine Bedeutung bezüglich anderer Cemente immerhin machen kann.

An der Hand der nachfolgenden tabellarischen Zusammenstellung der mittleren Festigkeits- und Abnutzungswerthe sei daher die prozentuale Bestimmung der erwähnten Abminderungen ausgeführt.

Mischung		Zugproben: Dichte [1] G : V	Zugfestigkeit nach 7 Tagen (kg pro qcm)	Zugfestigkeit nach 28 Tagen (kg pro qcm)	Druckproben (Würfel): Dichte [1] G : V	Druckfestigkeit nach 7 Tagen (kg pro qcm)	Druckfestigkeit nach 28 Tagen (kg pro qcm)	Verhältniß Zug : Druck für 7 Tage	Verhältniß Zug : Druck für ≥8 Tage	Abnutzbarkeit: Verlust in ccm $= \frac{A}{\gamma}$ nach 7 Tagen	Abnutzbarkeit: Verlust in ccm $= \frac{A}{\gamma}$ nach 28 Tagen
Puzzolan-Cement I.											
1 : 3 Gew.-Thl.	Wasser	2,268	9,65	18,65	2,262	58,2	131,0	$\frac{1}{6,031}$	$\frac{1}{7,024}$	8,53	3,95
	Luft	2,268	6,30	8,35	2,262	63,8	95,0	$\frac{1}{10,127}$	$\frac{1}{11,377}$	32,89	68,10
1 : 3 Vol.-Thl.	Wasser	2,127	4,61	11,25	2,124	28,9	66,1	$\frac{1}{6,269}$	$\frac{1}{5,876}$	11,10	7,81
	Luft	2,127	4,16	4,55	2,124	32,7	41,4	$\frac{1}{7,861}$	$\frac{1}{9,099}$	100,95	135,94 [2]
Puzzolan-Cement II.											
1 : 3 Gew.-Thl.	Wasser	2,232	16,65	22,90	2,228	165,7	257,4	$\frac{1}{9,952}$	$\frac{1}{11,240}$	2,90	1,78
	Luft	2,232	12,95	14,80	2,228	155,2	178,1	$\frac{1}{11,985}$	$\frac{1}{12,455}$	7,25	6,58
1 : 3 Vol.-Thl.	Wasser	2,113	12,30	15,65	2,113	100,4	161,7	$\frac{1}{8,163}$	$\frac{1}{10,332}$	3,72	3,72
	Luft	2,113	9,05	9,50	2,113	90,9	104,4	$\frac{1}{10,044}$	$\frac{1}{10,989}$	7,92	21,15
Puzzolan-Cement III.											
1 : 3 Gew.-Thl.	Wasser	2,239	14,15	21,00	2,234	110,2	184,8	$\frac{1}{7,788}$	$\frac{1}{8,800}$	8,95	2,03
	Luft	2,239	12,25	18,05	2,234	99,4	156,4	$\frac{1}{8,114}$	$\frac{1}{8,665}$	17,50	13,89
1 : 3 Vol.-Thl.	Wasser	2,127	7,00	12,90	2,124	47,0	82,2	$\frac{1}{6,714}$	$\frac{1}{6,372}$	10,2	5,9
	Luft	2,127	4,10	5,05	2,124	38,7	59,8	$\frac{1}{9,439}$	$\frac{1}{11,842}$	95,1	88,5

[1]) Die Dichte G : V der Probekörper ist unmittelbar nach dem Einschlagen derselben bestimmt.
[2]) Erhielt wegen der starken Abnutzung nur die halbe Schleifarbeit (15 Scheibenumgänge).

Digitized by Google

Mischung		Zugproben: Dichte [1] G : V	Zugproben: Zugfestigkeit nach 7 Tagen (kg pro qcm)	Zugproben: Zugfestigkeit nach 28 Tagen (kg pro qcm)	Druckproben (Würfel): Dichte [1] G : V	Druckproben (Würfel): Druckfestigkeit nach 7 Tagen (kg pro qcm)	Druckproben (Würfel): Druckfestigkeit nach 28 Tagen (kg pro qcm)	Verhältniß Zug : Druck für 7 Tage	Verhältniß Zug : Druck für 28 Tage	Abnutzbarkeit: Verlust in ccm $= \frac{A}{\gamma}$ nach 7 Tagen	Abnutzbarkeit: Verlust in ccm $= \frac{A}{\gamma}$ nach 28 Tagen
Portland-Cement IV.											
1 : 3	Gem.-Thl. Wasser	2,246	18,50	20,90	2,242	132,6	200,3	$\frac{1}{7,168}$	$\frac{1}{9,584}$	1,88	1,73
	Gem.-Thl. Luft	2,246	18,15	23,65	2,242	142,7	210,3	$\frac{1}{7,862}$	$\frac{1}{8,892}$	3,45	2,93
	Vol.-Thl. Wasser	2,239	15,20	19,20	2,237	122,3	183,0	$\frac{1}{8,046}$	$\frac{1}{9,531}$	2,62	2,36
	Vol.-Thl. Luft	2,239	15,90	20,05	2,237	135,1	198,0	$\frac{1}{8,497}$	$\frac{1}{9,875}$	9,47	6,95
Portland-Cement V.											
1 : 3	Gem.-Thl. Wasser	2,239	15,40	19,90	2,231	120,3	188,8	$\frac{1}{7,812}$	$\frac{1}{9,487}$	2,16	2,10
	Gem.-Thl. Luft	2,239	16,15	20,80	2,231	128,4	198,0	$\frac{1}{7,950}$	$\frac{1}{9,519}$	3,04	2,20
	Vol.-Thl. Wasser	2,183	12,15	17,05	2,175	92,3	151,6	$\frac{1}{7,597}$	$\frac{1}{8,891}$	4,30	1,96
	Vol.-Thl. Luft	2,183	13,20	19,95	2,175	99,0	157,5	$\frac{1}{7,500}$	$\frac{1}{7,895}$	4,13	2,97
Portland-Cement VI.											
1 : 3	Gem.-Thl. Wasser	2,254	14,30	19,30	2,248	122,5	189,0	$\frac{1}{8,277}$	$\frac{1}{9,793}$	5,14	4,34
	Gem.-Thl. Luft	2,254	16,65	21,35	2,248	131,3	197,8	$\frac{1}{7,886}$	$\frac{1}{9,265}$	5,85	4,78
	Vol.-Thl. Wasser	2,211	14,30	18,65	2,208	103,6	174,9	$\frac{1}{7,594}$	$\frac{1}{9,378}$	4,13	3,76
	Vol.-Thl. Luft	2,211	16,10	19,65	2,208	120,7	188,8	$\frac{1}{7,497}$	$\frac{1}{9,608}$	4,05	3,75
Roman-Cement VII.											
1 : 3	Gem.-Thl. Wasser	2,225	2,85	8,55	2,223	21,1	62,5	$\frac{1}{7,404}$	$\frac{1}{7,310}$	14,7	13,7
	Gem.-Thl. Luft	2,225	7,80	14,25	2,223	37,2	80,2	$\frac{1}{4,769}$	$\frac{1}{5,628}$	43,4	34,3
	Vol.-Thl. Wasser	2,099	1,30	3,80	2,099	8,7	22,6	$\frac{1}{6,692}$	$\frac{1}{5,947}$	83,6	38,6
	Vol.-Thl. Luft	2,099	4,10	6,60	2,099	12,5	34,3	$\frac{1}{3,049}$	$\frac{1}{5,197}$	94,4	46,2

[1]) Die Dichte G : V der Probekörper ist unmittelbar nach dem Einschlagen derselben bestimmt.

Digitized by Google

Hieraus ergeben sich die Festigkeitsabminderungen der in Volumentheilen hergestellten Mörtelmischungen 1 : 3 in Prozenten der Festigkeit von den in Gewichtstheilen hergestellten 1 : 3 Mörteln.

Erhärtungsart	Festigkeitsabminderungen für die Zugfestigkeit nach 7 Tagen	Zugfestigkeit nach 28 Tagen	Druckfestigkeit nach 7 Tagen	Druckfestigkeit nach 28 Tagen
Puzzolan-Cement I.				
Unter Wasser	52,2 %	39,7 %	50,3 %	49,5 %
An der Luft	34,0 %	45,5 %	48,7 %	56,4 %
Puzzolan-Cement II.				
Unter Wasser	26,1 %	31,7 %	39,4 %	37,2 %
An der Luft	30,1 %	33,6 %	41,4 %	41,4 %
Puzzolan-Cement III.				
Unter Wasser	50,5 %	38,6 %	57,4 %	55,5 %
An der Luft	66,5 %	72,0 %	61,1 %	61,8 %

Erhärtungsgrad	Festigkeitsabminderungen für die Zugfestigkeit nach 7 Tagen	Zugfestigkeit nach 28 Tagen	Druckfestigkeit nach 7 Tagen	Druckfestigkeit nach 28 Tagen
Portland-Cement IV.				
Unter Wasser	17,8 %	8,1 %	7,8 %	8,6 %
An der Luft	12,4 %	15,2 %	5,3 %	5,8 %
Portland-Cement V.				
Unter Wasser	21,1 %	14,3 %	23,3 %	19,7 %
An der Luft	18,3 %	4,1 %	22,9 %	20,5 %
Portland-Cement VI.				
Unter Wasser	3,4 %	3,4 %	11,3 %	7,5 %
An der Luft	3,3 %	8,0 %	8,1 %	4,6 %

Erhärtungsart	Festigkeitsabminderungen für die Zugfestigkeit nach 7 Tagen	Zugfestigkeit nach 28 Tagen	Druckfestigkeit nach 7 Tagen	Druckfestigkeit nach 28 Tagen
Roman-Cement VII.				
Unter Wasser	54,4 %	55,6 %	58,8 %	63,8 %
An der Luft	47,4 %	57,7 %	66,4 %	57,2 %

Im Allgemeinen folgt hieraus:

1. Für den Puzzolan-Cement ist die Abminderung bei den Luftproben größer als die der Wasserproben.
2. Für die Portland-Cemente ist im Allgemeinen die Abminderung der Luftproben geringer als bei den Wasserproben.
3. Der Roman-Cement zeigt, daß die Abminderung der Luftproben bei der Zugfestigkeit nach 7 Tagen, bei der Druckfestigkeit nach 28 Tagen geringer ist als die der bezüglichen Wasserproben, während in den beiden andern Fällen die Abminderung der Luftproben die der Wasserproben übersteigt.

Außerdem ergiebt sich:

Für die Puzzolan-Cemente nimmt in den Wasserproben der Verlust zwischen 7 und 28 Tagen um ein Geringes ab, dagegen bei den Luftproben um ein Geringes zu.

Mit nahezu voller Konsequenz ist bei diesen Cementen die Abminderung der Druckfestigkeit größer als die der Zugfestigkeit, zweifellos eine Folge des Einflusses des in

Digitized by Google

der Volumenmischung befindlichen höheren Sandzusatzes, der bei der Druckfestigkeit stärker zum Austrag kommt.

In den Portland-Cementen ist für die Wasserproben der Verlust nach 7 Tagen höher als nach 28 Tagen. Bei den Luftproben zeigen sich derartige Konsequenzen nicht. Die Abminderung ist bei der Druckfestigkeit auch hier naturgemäß größer als bei der Zugfestigkeit.

Für den Roman-Cement steigt bei den Wasserproben die Abminderung von 7 zu 28 Tagen, während bei den Luftproben dies nur bei der Zugfestigkeit der Fall ist, Ebenso ist – wie bei den übrigen Cementen — die Druckfestigkeitsabminderung größer als die Zugfestigkeitsabminderung.

Es ergiebt sich hiernach schließlich die Thatsache, daß die prozentualen Festigkeitsverluste der nach Volumentheilen hergestellten 1 : 3 Mörtel bei den Puzzolan-Cementen, wie auch bei dem Roman-Cement, die bei Weitem höchsten Zahlen aufweisen, welche bei den ersteren zwischen 26 % — 72 %, bei dem letzteren zwischen 47,4 % — 66,1 % liegen, während die Portland-Cemente nur geringe, zwischen 3,3 % und 23,3 % schwankende Verluste zeigen; alles eine Folge der Verschiedenheit der Mengenverhältnisse, in welchen Sand und Cement bei den benutzten 1 : 3 Mörteln je nach der Anwendung von Gewichtstheilen oder Volumentheilen vertreten waren.

Betrachtet man noch die absoluten Zahlen für die Festigkeitswerthe der untersuchten Cemente in Bezug auf deren Stellung zu den durch die Normen festgelegten Werthen

von 16 kg Zugfestigkeit
und 160 kg Druckfestigkeit } pro qcm.

für Mörtelproben aus 1 Gew.-Thl. Cement + 3 Gew.-Thl. Normalsand, welche den ersten Tag an der Luft und 27 Tage unter Wasser erhärteten, und stellt diesen Werthen die entsprechenden Werthe der Wasserproben aus Volumenmischungen gegenüber, so ergiebt dies folgende Zusammenstellung

			Zug kg pro qcm	Druck
Puzzolan-Cement	I	Gew.-Thl.	18,65	131,0
		Vol.-Thl.	**11,25**	**66,1**
Puzzolan-Cement	II	Gew.-Thl.	22,90	257,4
		Vol.-Thl.	**15,65**	**161,7**
Puzzolan-Cement	III	Gew.-Thl.	21,00	184,0
		Vol.-Thl.	**12,90**	**82,2**
Portland-Cement	IV	Gew.-Thl.	20,90	200,3
		Vol.-Thl.	**19,20**	**183,0**
Portland-Cement	V	Gew.-Thl.	19,90	188,3
		Vol.-Thl.	**17,05**	**151,6**
Portland Cement	VI	Gew.-Thl.	19,30	189,3
		Vol.-Thl.	**18,65**	**174,9**
Roman-Cement	VII	Gew.-Thl.	8,55	62,5
		Vol.-Thl.	**3,80**	**22,6**

Hiernach erfüllen mit Ausnahme des Puzzolan-Cementes I und des Roman-Cementes VII sämmtliche Cemente in ihren nach Gewichtstheilen hergestellten Proben

Digitized by Google

die Normen, und zeigt sogar Puzzolan-Cement II und III einen erheblichen Ueberschuß, der sich allerdings auch bei den drei Portland-Cementen findet.

Für die nach Volumentheilen hergestellten Proben erreichen dagegen die Festigkeitswerthe der Puzzolan-Cemente die Normenwerthe nur in einem Falle, nämlich bei dem Puzzolan-Cement II in der Druckfestigkeit, während die Portland-Cemente auch in ihren nach Volumentheilen hergestellten Proben die Normen noch vollständig decken bis auf Portland-Cement V, welcher nur in seiner Druckfestigkeit hinter denselben etwas zurückbleibt.

Auch die den Prüfungen hinzugefügten — allerdings außerhalb der Normen stehenden — Abnutzungsversuche ergeben nahezu dieselben Abminderungsverhältnisse zwischen den Mörteln aus Volumentheilen und denen aus Gewichtstheilen, wie sie aus den Festigkeitsprüfungen hervorgegangen sind.

Während bei den Portland-Cementen sich nur geringe Unterschiede zwischen den Mörteln beider Zusammensetzungsarten zeigen, heben sich bei den Puzzolan-Cementen und dem Roman-Cement die nach Volumentheilen hergestellten Mörtel in ihren Abnutzungswerthen gegen die nach Gewichtstheilen zusammengesetzten Mörtel dadurch ganz bedeutend ab, daß sie eine unverhältnißmäßig große Abnutzung ergeben.

Aus den vorstehend beschriebenen Versuchen folgt, daß die Ergebnisse der Prüfung von Puzzolan- und Roman-Cementen nach den Normen für Portland-Cemente nicht als ausschlaggebend für die Verwendung der ersteren im Vergleich mit den letzteren angesehen werden dürfen.

V. Kleinere Mittheilungen.

1. Ueber die Brechungskoeffizienten von fetten Oelen, Mineralölen und Harzölen.

Vom Abtheilungsvorsteher Dr. Holde.

Von den optischen Untersuchungsmethoden haben sich für die Prüfung von Schmierölen bisher die Spektralanalyse als wenig brauchbar, die Feststellung des Polarisationsvermögens vorwiegend nur zum Nachweise von Harzöl als geeignet erwiesen. Eine weitergehende Bedeutung für die Erkennung der Reinheit, beziehungsweise Charakterisirung obiger Oele scheint dagegen die Untersuchung ihres Brechungsvermögens zu besitzen. So haben E. H. Amagat und Ferdinand Jean[1]) ein besonderes Oleorefraktometer konstruirt, mittelst dessen sie die verschiedenen fetten Oele von einander unterscheiden und auch Zusätze von Mineralölen und Harzölen in ihnen nachweisen zu können glauben.

Die Bestimmungen des Brechungskoeffizienten der Oele sind erst in neuerer Zeit von der Versuchsanstalt, unter Benutzung eines großen Abbeschen Refraktometers mit Dispersionsapparat, aufgenommen worden, und es scheint nach den in folgender Tabelle zusammengestellten, bisher gewonnenen Ergebnissen die Bestimmung des Brechungskoeffizienten ein für viele Fälle geeignetes Mittel zur Untersuchung der Oele zu liefern. Die von Schädler[2]) nach Abbes und anderer Beobachtungen mitgetheilten Werthe

[1]) Comptes rendus, 109 Nr. 16 S. 616.

[2]) Schädler, Untersuchungen der Fette und Oele, Leipzig 1890 S. 78.

Digitized by Google

von Rüböl und Baumöl decken sich annähernd mit den im Folgenden angegebenen Beobachtungen der Versuchsanstalt:

Lfd. Nr.	Art des Oeles	Brechungskoeffizient	Lfd. Nr.	Art des Oeles	Brechungskoeffizient	Lfd. Nr.	Art des Oeles	Brechungskoeffizient	Lfd. Nr.	Art des Oeles	Brechungskoeffizient
1	Raffinirtes Rüböl	1,4722	12	Rohes Rüböl	1,4736	23	Russisches Mineralöl	1,4965	33	Harzöl	1,5316
2		1,4736	13	Baumöl	1,4695	24		1,4921	34		1,5320
3		1,4735	14		1,4690	25	Schottisches Mineralöl	1,4776	35		1,5387
4		1,4727	15		1,4705	26		1,4915	36		1,5415
5		1,4727	16		1,4683	27	Amerikanisches Mineralöl	1,4979	37		1,5402
6		1,4735	17		1,4690	28		1,4980	38		1,5351
7	Rohes Rüböl	1,4760	18		1,4690	29	Harzöl	1,5391	39		1,5311
8		1,4741	19		1,4620	30		1,5315	40	Gemisch von Lfd. Nr. 29 u. 28	1,5196
9		1,4738	20		1,4671	31		1,5333			
10		1,4754	21		1,4670	32		1,5374			
11		1,4735	22	Gemisch von Baumöl mit Rüböl.	1,4733						

Die Beobachtungen wurden bei einer nur wenig um 20 C° schwankenden Zimmerwärme angestellt. Es ergaben sich hiernach folgende Schwankungen und Mittelwerthe der Brechungskoeffizienten für die oben aufgeführten Oelarten, deren Reinheit beziehentlich Herkunft übrigens durch eingehende physikalische und chemische Untersuchung festgestellt worden war:

	Raffinirtes Rüböl	Rohes Rüböl	Baumöl	Mineralöl	Harzöl
Brechungskoeffizient schwankt zwischen	1,4722 und 1,4736	1,4735 und 1,4760	1,4670 und 1,4705	1,4776 und 1,4980	1,5274 und 1,5415
mittlerer Brechungskoeffizient	1,4735	1,4744	1,4698	1,4923	1,5344

Abbe fand bei 20 C° für Rapsöl den Brechungskoeffizienten 1,4720, für Rüböl 1,4750, für Olivenöl 1,4690. Von einer Mittheilung der hier beobachteten Brechungskoeffizienten der übrigen fetten Oele, wie Leinöl, Mohnöl, Hanföl, Sesamöl 2c. habe ich vorläufig Abstand genommen, weil noch nicht eine hinreichende Anzahl von Oelen der einzelnen Arten untersucht worden ist. Es sei jedoch einstweilen bemerkt, daß bei den bisher ausgeführten Bestimmungen erheblich größere Schwankungen bei Oelen derselben Art beobachtet wurden wie bei den Rübölen und Baumölen, so daß zunächst noch keine Kennzeichnung der obigen Oele auf optischem Wege möglich war. Außerdem sind die Abweichungen gegenüber den von Abbe gefundenen Zahlen oft beträchtliche.

Von größerem Interesse ist vor allem der durchgängige Unterschied im Brechungsvermögen der Rüböle und Baumöle, weil man damit neben der Verseifungszahl und Jodzahl ein weiteres Mittel an der Hand hat, die so häufig ausgeübte Verfälschung des Baumöls mit großen Mengen Rüböl zu erkennen. Andererseits würden sich Mineralöle, besonders aber leicht Harzöle in geringeren Mengen, in fetten Oelen durch den höheren Brechungskoeffizienten erkennen lassen; auch werden Harzöle in Mineralölen bequem nachzuweisen sein, wie schon aus dem Beispiel Nr. 40 hervorgeht. In welchem Maße hier das Brechungsvermögen einen Schluß auf die Reinheit gestatten wird, soll weiter untersucht werden, ebenso inwiefern der von Amagat und Jean benutzte Apparat vielleicht besser zur Untersuchung geeignet ist als das Abbesche Refraktometer.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von H. S. Hermann in Berlin.

Digitized by Google

Von den im Anschluß an die „**Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten**" zur Ausgabe gelangenden

☛ Ergänzungsheften ☚

sind erschienen:

1887.

Heft I. **Die Festigkeitseigenschaften des Magnesiums.** Von A. Martens. Mit 3 Taf. M. 4,—

Heft II. **Untersuchungen über die Festigkeitseigenschaften und Leitungsfähigkeit an deutschem und schwedischem Drahtmateriale.** Von A. Martens. M. 2,—.

Heft III. 1. **Mikroskopische Untersuchung des Papiers.** Von W. Herzberg. Mit 2 Lichtdrucktafeln. — 2. **Ergebnisse der Prüfungen von Apparaten zur Untersuchung der Festigkeitseigenschaften von Papier.** Von A. Martens. Mit 1 Tafel. M. 5,—.

Heft IV. **Ueber Druckpapiere der Gegenwart.** Von A. Martens. M. 1,—.

1888.

Heft I. Ergänzungen zu den im 2. Ergänzungshefte 1887 veröffentlichten **Untersuchungen über Festigkeitseigenschaften und Leitungsfähigkeit an deutschem und schwedischem Drahtmateriale.** 1) **Bestimmung des elektrischen Leitungswiderstandes von Metalldrähten.** Von Prof. A. Paalzow. Mit 1 Tafel. — 2) **Zusammenhang zwischen der chemischen Zusammensetzung und dem Kleingefüge einerseits und der Leitungsgüte des Telegraphendrahtes andrerseits.** Von Dr. H. Wedding. Mit 7 Tafeln. M. 6,—.

Heft II. **Bericht über die Ergebnisse von Festigkeitsversuchen mit gelötheten Drahtseilen und Drähten.** Von A. Martens. Mit 2 Tafeln. M. 8,—.

Heft III. **Schmieröluntersuchungen.** Von A. Martens. Mit 4 Tafeln. M. 6,—.

Heft IV. **Untersuchung japanischer Papiere.** Von A. Martens. Mit 3 Tafeln. M. 5,—.

Heft V. **Bericht** über die im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe ausgeführten vergleichenden Untersuchungen von **Seilverbindungen für Fahrstuhlbetrieb.** Theil I. Ergebniß der Untersuchungen für ruhende Belastung. Von A. Martens. M. 2,60.

1889.

Heft I. **Resultate der Untersuchungen des in der Eifel vorkommenden vulkanischen Sandes in Bezug auf seine Verwendbarkeit zur Mörtelbereitung.** Von Dr. Böhme. Mit 2 Tafeln. M. 3,—.

Heft II. **Untersuchungen von natürlichen Gesteinen auf Festigkeit, specifisches Gewicht, Härtegrad, Wasseraufnahme, Cohäsionsbeschaffenheit und Wetterbeständigkeit.** Von Dr. Böhme. Mit 1 Tafel. M. 4,—.

Heft III. **Bericht** über die im Auftrage des Herrn Ministers für Landwirthschaft, Domänen und Forsten ausgeführten **Holzuntersuchungen.** Von M. Rudeloff. Mit 2 Taf. M. 7,—.

Heft IV. **Festigkeitsuntersuchungen mit Zinkblechen der schlesischen Aktien-Gesellschaft für Bergbau- und Zinkhüttenbetrieb zu Lipine O.-S.** Von A. Martens. Mit 2 Taf. M. 4,—.

Heft V. **Schmieröluntersuchungen.** Von A. Martens. (Fortsetzung zum Ergänzungsheft III. 1888.) Mit 1 Tafel. M. 10,—.

1890.

Heft I. **Versuche über die Beiz- und Rostsprödigkeit des Eisens und Stahls.** Bericht des Professors A. Ledebur in Freiberg nebst den Versuchsergebnissen der mechanisch-technischen Versuchsanstalt. M. 3,—.

Heft II. **Untersuchungen mit Eisenbahnmaterialien.** Von A. Martens. Mit 5 Tafeln. Preis M. 30,—.

Digitized by Google

Verlag von Arthur Felix in Leipzig.

Ueber die Entwickelung
des
Deutschen Patentwesens
in der Zeit von 1877 bis 1889.

Von
v. Bojanowski,
Wirkl. Geh. Legationsrath, Präsident des kaiserl. Patentamtes.

In gr. 8°. 90 Seiten. 1890. brosch. Preis: 2 M.

Studien
in der
Praxis des kaiserlichen Patentamtes
von
Dr. E. Hartig,
Geh. Reg.-Rath, Professor der mechan. Technologie am k. s. Polytechnikum zu Dresden, Mitglied des kaiserl. deutschen Patentamtes.

Mit 35 Textfiguren.

In gr. 8°. XII, 279 Seiten. 1890. brosch. Preis: 7 M. 50 Pf. (7871)

Verlag von Julius Springer in Berlin N.
Monbijouplatz 3.

Soeben erschien in 3 Sprachen, Deutsch, Englisch, Französisch:
Reductionstabellen
zur
Gauss-Poggendorff'schen Spiegelablesung.
Von
Dr. Paul Czermak,
Privatdocent und Assistent der Physik an der Universität zu Graz.

Mit 7 in den Text gedruckten Figuren.

In Leinwand geb. Preis M. 12,—.

Lehrbuch
der
Allgemeinen Hüttenkunde.
Von
Dr. Carl Schnabel,
Königl. Bergrath und Lehrer für Hüttenkunde an der Königlichen Berg-Akademie zu Clausthal.

Mit 533 Abbildungen.

Preis M. 16,—; geb. in Leinwand M. 17,20.

Hierzu eine Beilage von **A. Schapiro** in **Berlin C.**, betreffend: Patentirte Steindruckpresse.

Digitized by Google

WHITNEY LIBRARY
MUS. COMP. ZOOL.

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Achter Jahrgang: 1890.

Sechstes Heft.

Mit zwei Tafeln in Lichtdruck.

Berlin.
Verlag von Julius Springer
1890.

Digitized by Google

Seit 1883 erscheinen

Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Jährlich 6—8 Hefte. — Preis für den Jahrgang M. 12,—.

Inhalt.

I. Mittheilungen der Königlichen Aufsichts-Kommission. Seite

1. Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1889/90 271

II. Mittheilungen aus der mechanisch-technischen Versuchsanstalt.

1. Ueber Härtebestimmungen. Vom Vorsteher Professor Martens 277
2. Vergleichende Untersuchungen von Kesselblechen aus Thomas-, Siemens-Martin- und Schweißeisen. (Theil II). Vom stellvertretenden Vorsteher Rudeloff. . 289
3. Ueber ein kautschukhaltiges Mineralöl. Vom Abtheilungsvorsteher Dr. Holde . 308
4. Ueber die Löslichkeit der Mineralöle in Benzin. Von Dr. Bender, Assistent der Abtheilung für Oelprüfung 311

III. Mittheilungen aus der chemisch-technischen Versuchsanstalt.

(Fehlen.)

IV. Mittheilungen aus der Prüfungsstation für Baumaterialien.

(Fehlen.)

V. Kleinere Mittheilungen.

(Fehlen.)

Digitized by Google

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

VIII. Jahrgang. **1890.** Sechstes Heft.

I. Mittheilungen der Königlichen Aufsichts-Kommission.

1. Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1889/90.

A. Mechanisch-technische Versuchsanstalt.

a) Personalbestand. Der Personalbestand der Anstalt blieb in der gleichen Höhe wie im Vorjahre erhalten. Es waren durchschnittlich beschäftigt:

1. für die mechanisch-technische Abtheilung und den allgemeinen Betrieb der Anstalt 14 Personen, nämlich: der Vorsteher und sein Stellvertreter, 1 Assistent, 3 technische Hülfsarbeiter, 1 Büreaubeamter nebst 3 Schreibern, 1 Feinmechaniker, 2 Gehülfen und 1 Arbeiter;
2. für die Abtheilung für Papierprüfung 5 Personen, nämlich: 3 Assistenten und 2 technische Hülfsarbeiter;
3. für die Abtheilungen für Oelprüfung: 2 Assistenten; insgesammt demnach 21 Personen.

In der dem Vorsteher der Anstalt unterstellten mechanischen Werkstatt der technischen Hochschule waren durchschnittlich 7 Personen beschäftigt.

Volontäre. In der mechanisch-technischen Abtheilung waren zu ihrer Ausbildung im Versuchswesen 2 Herren, 1 Engländer (Ingenieur) und 1 Deutscher als Volontäre thätig, welche beide die hiesige Königliche technische Hochschule besucht hatten, die Herren hatten Gelegenheit, an den laufenden Arbeiten der Anstalt theilzunehmen und sich mit allen Einzelheiten der Versuchsausführung vertraut zu machen. In der Abtheilung für Papierprüfung wurden 2 Volontäre ausgebildet, welche alsdann in die Praxis übertraten.

b) Vermehrung der Hülfsmittel. Die bei den laufenden Untersuchungen von Papier gemachten Beobachtungen zeigten, daß Schwankungen in der Luftfeuchtigkeit einen merklichen Einfluß auf die Ergebnisse der Festigkeitsuntersuchungen ausüben. Für die Größe dieses Einflusses ließen sich allgemein gültige Werthe ohne besondere Versuchsreihen nicht aufstellen. Um nun aber den Einfluß schwankender Luftfeuchtigkeit

Digitized by Google

auf die amtlich zu bescheinigenden Versuchsergebnisse zu beseitigen, wurde ein Raum der Abtheilung für Papierprüfung mit einem Kosmosbefeuchter der Firma Aktiengesellschaft Schäffer & Walcker ausgerüstet, sodaß die Festigkeitsuntersuchungen mit Papier fortan bei einer Luftfeuchtigkeit von mindestens 55% angestellt werden konnten. Eine Benachrichtigung der Interessenten von dieser Untersuchungsvorschrift erfolgte durch die „Mittheilungen" 1889, S. 2. — Ferner wurden für die Papierprüfungs-Abtheilung beschafft: eine chemische Wage und Gewichtssatz, ein großer kupferner Trockenschrank und Objektive von Zeiß-Jena zur mikroskopischen Untersuchung.

Unter den neubeschafften Hülfsmitteln für die mechanisch-technische Abtheilung sind zu nennen die Erweiterung der Einrichtung für mikroskopische Untersuchungen von Metallen, 2 Ablesefernrohre mit Skalen für Festigkeitsuntersuchungen, sowie Vermehrung der Einspannvorrichtungen.

Für die Abtheilung für Oeluntersuchungen wurden beschafft, neben einer ganzen Reihe von Gegenständen für das Laboratorium 1 Trockenkasten, 1 Gasometer, 1 Quecksilberbarometer, 1 Wasserstrahlgebläse, 1 Halbschatten-Polarisationsapparat nach Laurent, 1 Refraktometer nach Abbe, 1 Dampfentwickler mit Gasfeuerung nach Landolt, 1 Englerscher Destillationsapparat, 1 Centrifugalmaschine.

Von dem Mechaniker der Versuchsanstalt wurden ferner gefertigt: 6 Mikrometerschrauben, Kontaktapparate zur Maschine G, Aenderungen an den Spiegelapparaten, 1 Spiegelapparat für Druckversuche, Konstruktion Martens, 2 Klemmvorrichtungen für Flachstäbe zum Selbstzeichner der Maschine G, 1 Objektivtisch.

An baulichen Veränderungen sind zu erwähnen zwei Anbauten für die Abtheilung für Oelprüfung und für den Sammlungsraum.

c) Arbeiten der Anstalt. Die Thätigkeit der mechanisch-technischen Abtheilung erstreckte sich auf folgende Arbeiten:

1. Zu den Untersuchungen mit Eisenbahnmaterialien, welche im Auftrage und auf Kosten des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten angestellt werden, blieben nach Abschluß der ersten Versuchsreihe mit dem aus dem Betriebe entnommenen Material („Mittheilungen" 1890 Sonderheft II) die Versuche mit dem von den Hüttenwerken gelieferten Material zu erledigen. Diese erstrecken sich auf Dauerbiegeversuche bei beständig wechselnder Biegungsebene und auf Schlagbiegeversuche bei gleichbleibender und wechselnder Biegungsrichtung. Die Dauerbiegeversuche wurden ununterbrochen in Betrieb erhalten, während die Schlagversuche nur soweit gefördert werden konnten, als Personal zur Versuchsausführung zur Verfügung stand.

2. Zu den vom Herrn Minister für Handel und Gewerbe angeordneten Untersuchungen mit handelsüblichen, bereits früher auf Zugfestigkeit geprüften Seilverbindungen wurde die Erprobung der Verbindungen auf ihre Sicherheit gegen wiederholte stoßweise Beanspruchung fortgesetzt.

3. Die von dem Herrn Minister der öffentlichen Arbeiten angeordneten Untersuchungen über die Konstruktionsverhältnisse von Drahtseilen wurden fortgesetzt. Die Arbeiten erstreckten sich auf die Anfertigung von zwei- und mehrdrähtigen Litzen bei verschieden starkem Drall und aus Material von 4 verschiedenen Härtestufen. Die Proben sind für Zugversuche und Dauerversuche bestimmt, welche zum Theil erledigt, zum Theil in der Ausführung begriffen sind.

Digitized by Google

4. Die Versuche mit Flußeisen bei verschiedenen Wärmegraden, welche vom Verein für Gewerbfleiß gemeinsam mit dem Verein deutscher Eisenhüttenleute beantragt waren, sind zum Abschluß gebracht. In dem hierüber erstatteten Bericht ist die Fortsetzung der Versuche mit Bezug auf andere Materialien befürwortet. Ueber die Ergebnisse der abgeschlossenen Versuche erschien eine Abhandlung in den „Mittheilungen" 1890 Heft 4.

5. Die Inanspruchnahme der mechanisch-technischen Abtheilung seitens der Behörden und Privaten erfuhr im Rechnungsjahr 1889/90 gegen die Vorjahre eine ganz erhebliche Steigerung, wie aus der weiter unten gegebenen tabellarischen Uebersicht zu ersehen ist. Die einzelnen Versuchsreihen erstreckten sich, soweit aus den zugehörigen Antragsschreiben hervorgeht, der Hauptsache nach auf sogenannte Abnahmeprüfungen. Unter ihnen ist auch in diesem Jahre wieder der Antrag des Königlichen Ingenieur-Komitees auf Untersuchung von Panzerplatten-Material besonders hervorzuheben, welcher im Laufe des Jahres 130 Einzelversuche umfaßte, zu denen das Probematerial in 15 Sendungen eingeliefert wurde; ferner die wiederholten Aufträge des Königlichen Gewehr-Abnahmekommandos und der Stettiner Maschinenbauanstalt und Schiffsbauwerft zu Grabow a. O. Eine gesteigerte Inanspruchnahme fand auch seitens der Gerichtsbehörden statt, welche wiederholt das Urtheil der Anstalt über die Brauchbarkeit beanstandeter Materialien einholten. Unter den Versuchsreihen, welche neben praktischen Zwecken gleichzeitig zur Lösung wissenschaftlicher Fragen dienten, mögen erwähnt sein, der Antrag der Aktiengesellschaft Peiner-Walzwerk zu Peine auf Anstellung umfassender, vergleichender Versuche mit Feuerblechen aus Schweißeisen, Thomas- und Siemens-Martin-Flußeisen, ferner die im Auftrage des Königlichen Hüttenamts zu Gleiwitz angestellten Druck- und Stauchversuche und mikroskopischen Untersuchungen von Ferro-Silicium-Proben, und schließlich der Antrag der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgenössischen Polytechnikum zu Zürich auf Schlagbiege-, Stauch- und Druckversuche mit Aluminiumlegirungen. Nennenswerth ist ferner die auf Antrag der Eigenthümerin angestellte eingehende Prüfung der Festigkeitsprobirmaschine des Peiner Walzwerkes, deren Ergebnisse in den „Mittheilungen" 1890 S. 109 veröffentlicht sind.

Im Ganzen gelangten außer den vorstehend unter 1—4 erwähnten umfangreichen Untersuchungen während der Zeit vom 1. April 1889 bis dahin 1890 in der mechanisch-technischen Abtheilung 135 Aufträge zur Erledigung, von denen 51 auf Behörden und 84 auf Private entfallen. Diese Anträge umfassen 960 Zugversuche (637 mit Metallen, 28 mit Riemen, 95 mit Drahtseilen, 77 mit Hanfseilen und Bindfaden, 32 mit Ketten und Kettenhaken, 20 mit Drähten und 71 mit Konstruktionstheilen); 153 Druckversuche (124 mit vorgearbeiteten Proben aus Gußeisen, Metall und Stahl, 25 mit Säulen und sonstigen Konstruktionstheilen und 4 auf inneren Druck; 25 Biegeversuche (18 mit Stäben, 5 mit Schienen und 2 mit Federn); 5 Verwindungsversuche mit Drähten; 73 Scheerversuche und 121 Schlagstauchversuche mit Ferrosilicium und Aluminiumlegirungen; 50 Schlagzug- und 50 Schlagbiegeversuche mit Aluminiumlegirungen; 34 Härtebestimmungen; 414 technologische Proben bestehend in Schmiede-, Loch-, Kalt- und Warmbiegeproben; 4 Prüfungen auf Leitungswiderstand von Drähten, sowie die Herstellung von 35 Metallschliffen und

Digitized by Google

deren photographische Abbildung. Außerdem wurde die Anstalt um Abgabe von Gutachten angerufen.

Die Abtheilung für Papierprüfung hat zu 280 Anträgen die Untersuchung von 542 Papieren erledigt, welche sich zum größten Theil auf sämmtliche durch die Normalien vorgeschriebenen Punkte erstreckte. Es entfallen hiervon 159 Anträge mit 319 Papieren auf Behörden.

Die Abtheilung für Oelprüfung hatte 27 Anträge mit 89 Oelen zu erledigen. Hiervon entfallen 12 Anträge mit 56 Oelen auf Behörden und 15 Anträge mit 33 Oelen auf Private.

Im Vergleich zu den Vorjahren stellt sich die Inanspruchnahme wie folgt:

Abtheilung	Jahrgang	1883/84	1884/85	1885/86	1886/87	1887/88	1888/89	1889/90
Mechanisch-technische	Zahl der Aufträge .	39	48	36	60	70	94	135
	Zahl der Versuche .	551	239	371	463	530	1064	1924
	Gebührenbeträge . .	4678,00	3567,75	3087,88	4679,76	4360,90	4252,65	7871,00
für Papierprüfung	Zahl der Aufträge .	—	136	288	311	295	318	280
	Zahl der Papiere . .	—	696	876	648	693	677	542
	Gebührenbeträge . .	—	4902,00	10722,65	11288,75	9310,00	11080,00	9379,00
für Oelprüfung	Zahl der Aufträge .	—	—	—	—	6	49	27
	Zahl der Oele	—	—	—	—	25	139	89
	Gebührenbeträge . .	—	—	—	—	668,00	2761,00	1516,10
Gesammt-Gebührenbetrag		4678,00	8469,75	13810,53	15968,51	14338,90	18093,65	18766,10

Schließlich ist noch die Theilnahme der Anstalt an der allgemeinen deutschen Ausstellung für Unfallverhütung sowie an der Photographischen Jubiläums-Ausstellung zu erwähnen. Auf der ersteren trug die Anstalt einen „Ehrenpreis" davon, auf der letzteren wurde sie für die „Gesammtleistungen in Mikrophotographie nach Eisenschliffen" durch Verleihung der „Bronzemedaille" ausgezeichnet.

B. Chemisch-technische Versuchsanstalt.

In dem genannten Zeitraume wurde die Thätigkeit der Chemiker durch folgende umfangreiche Arbeiten in Anspruch genommen:

1. Untersuchungen über die Bestimmung des Antimons.
2. Versuche zur Ermittelung des Erstarrungspunktes von Talg.
3. Löthversuche.
4. Prüfung der Methode des Nachweises von Mineralöl im Harzöl.

Außer diesen Untersuchungen wurden in dem genannten Etatsjahre 462 Analysen erledigt.

Von diesen entfielen: auf Reichsbehörden 183, auf Staatsbehörden 151, auf Private 128, und zwar klassifiziren sich dieselben nach Art der Materie wie folgt:

A. Anorganische Materien.

Metalle und Legirungen 167, Erz 8, Thon und Ziegelsteine 24, Kalk, Cement und Mörtel 32, Wasser 17, Gase 4, Summa 252.

Digitized by Google

Von den 167 Analysen von Metallen und Legirungen entfallen: auf Stahl und Eisen 44, Kupfer 17, Zinn 5, Zink 6, Messing 31, Bronze 2, Hartblei 37, Legirungen anderer Komposition 25.

B. Organische Materien.

Oele und Fette 64, Kohlen und Briquettes 21, andere organische Stoffe 16, Summa 101.

C. Gemischte Materien.

Tinten 50, Papier 6, Schießpulver 1, Summa 57.

D. Eisen- und Stahlschliffe
für die mikroskopische Untersuchung.

Schliffe 46, Zeichnungen mikroskopischer Bilder 6, Summa 52.

Was die finanziellen Resultate der Anstalt im vergangenen Etatsjahre anbelangt, so betrugen

A. Die Einnahmen:

von Reichsbehörden 4068 Mk., von Staatsbehörden 2704 Mk., von Privaten 2657 Mk., in Summa 9429 Mk.

In dem verflossenen Etatsjahre ist für den am 1. Oktober 1889 aus der Anstalt geschiedenen Chemiker Schade der Chemiker Otto eingetreten.

C. Prüfungsstation für Baumaterialien.

Im Betriebsjahre 1889/90 sind im allgemein wissenschaftlichen und öffentlichen Interesse sowie auf Anträge von Behörden und Privaten im Ganzen 1134 Prüfungsanträge in zusammen 22852 Versuchen zur Ausführung gelangt. Im Betriebsjahre 1888/89 waren 1390 Anträge in 25125 Versuchen bearbeitet worden.

Nach dem Stoffe geordnet ergeben die bearbeiteten Prüfungsanträge die in nachstehender Tabelle enthaltene Zusammenstellung.

Tabellarische Zusammenstellung
der in dem XIX. Betriebsjahre 1889/90 in der Königlichen Prüfungsstation für Baumaterialien ausgeführten Untersuchungen.

	Anzahl der Anträge	Versuche
I. Untersuchungen der Eigenschaften von gebrannten und ungebrannten Steinen, sowie von Bruchsteinen		
a) Prüfungen auf Druckfestigkeit		
α) für Ziegel und andere künstliche Steine	251	2243
β) „ Bruchsteine	264	2031
b) Prüfungen auf Wasseraufnahmebestreben und Wasserdurchlässigkeit von verschiedenen Materialien	3	79

Digitized by Google

c) Prüfungen auf Wasseraufnahme, Kohäsionsbeschaffenheit, Wetterbeständigkeit		
α) für Ziegel und andere künstliche Steine	86	1520
β) „ Bruchsteine	65	1270
d) Bestimmung des spezifischen Gewichts und des Härtegrades		
α) für Ziegel und andere künstliche Steine	72	428
β) „ Bruchsteine	63	375
e) Prüfungen auf Bruchfestigkeit		
α) für Ziegel und andere künstliche Steine	68	650
β) „ Bruchsteine	12	120
f) Prüfungen auf Feuerbeständigkeit		
α) für feuersicheren Asbestanstrich bezw. Kalkputz	2	10
h) Prüfungen auf Bruchfestigkeit		
α) für Thonröhren	3	15
k) Prüfungen auf Abnutzbarkeit		
α) für Ziegel und andere künstliche Steine	23	184
β) „ Bruchsteine	63	504
Prüfungen auf Zugfestigkeit von Bruchsteinen	6	50
II. Cementuntersuchungen auf Frostbeständigkeit, Abnutzung, Gewicht, Mahlung, Temperaturerhöhung, Abbindezeit, Volumenbeständigkeit, Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Adhäsionsvermögen .	135	11440
III. Traßuntersuchungen.		
Wie bei den Cementen behandelt	9	330
IV. Kalk- und Schlackenmörteluntersuchungen.		
Wie bei den Cementen behandelt	9	1603
Summa	1134	22852

Von den bearbeiteten 1134 Prüfungsanträgen beziehen sich 981 Anträge (in 9479 Versuchen) auf Druck-, Zug-, Bruchfestigkeit, Wasseraufnahme, Kohäsionsbeschaffenheit, Wetterbeständigkeit, Feuerbeständigkeit, spezifisches Gewicht, Abnutzbarkeit und Härte von künstlichen und natürlichen Steinen, künstlichen Platten, Thonröhren und feuersicherem Asbestanstrich bezw. Kalkputz, wozu die erforderlichen Probekörper und Versuchsobjekte in sachgemäßer Bearbeitung bezw. Anordnung an die Station eingereicht und, wo erforderlich, daselbst vor der Prüfung justirt wurden; ferner 153 Anträge (in 13373 Versuchen) auf Zug- und Druckfestigkeit, Adhäsionsvermögen, Gewicht, Mahlung, Temperaturerhöhung, Abbindezeit, Volumenbeständigkeit, spezifisches Gewicht, Wasserdichtigkeit, Frostbeständigkeit und Abnutzbarkeit von Cementen, Cement-, Kalk-, Traß- und Schlackenmörteln, für welche die Versuchskörper aus den eingereichten Bindemitteln in der Station hergestellt wurden.

Von den ausgeführten 1134 Prüfungsanträgen entfallen 209 Anträge mit 6766 Versuchen auf Behörden und 925 Anträge mit 16086 Versuchen auf Private.

Außer den genannten Untersuchungen sind im verflossenen Betriebsjahre im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten noch weitere, und zwar „vergleichende Untersuchungen von Portland-, Puzzolan- und Romancementen" zur Ausführung gelangt. Diese Arbeit ist in den „Mittheilungen" 1890 S. 256 veröffentlicht.

Digitized by Google

Die Baumaterialiensammlung der Anstalt ist durch viele aus den Untersuchungen hervorgegangene interessante Versuchskörper bezw. Belagstücke bereichert und dem Betriebe entsprechend erweitert worden. Besonders zu erwähnen ist hierbei eine seitens des Herrn Dr. Leube in Ulm der Sammlung übermachte Kollektion einiger Exemplare des bekannten Hausschwammes (Merulius lacrymans).

Während des Sommers 1889 wurde auf Erlaß des Herrn Ressortministers vom 27. April 1889 (U. I Nr. 11364) ein von der dänischen Regierung entsandter Ingenieur in der Prüfungsstation als Volontär beschäftigt und mit den Untersuchungsmethoden für Bindemittel, sowie mit der Verwaltungsform der Anstalt vertraut gemacht.

Ferner wurden auf Ersuchen der Direktion der vereinigten Artillerie- und Ingenieurschule bei Berlin die dorthin kommandirten Offiziere zu einer Besichtigung der Station empfangen und in einigen Vorträgen mit einzelnen Fächern des Prüfungswesens, besonders hinsichtlich der Cement- und Kalkuntersuchungen, bekannt gemacht.

Außerdem erhielt die Anstalt mehrere Besuche seitens interessirter Vereine und auswärtiger Fachgenossen.

Die im Betriebsjahre 1889/90 vereinnahmten Prüfungsgebühren betrugen 37557,25 Mark gegen 42603 Mark im Vorjahre.

II. Mittheilungen aus der mechanisch-technischen Versuchsanstalt.

1. Ueber Härtebestimmungen.

Vom Vorsteher, Professor A. Martens.

Mein verehrter Freund, Herr Regierungsrath Professor Kick in Prag, wendet sich in der „Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins“ 1890 S. 1 bis 7 gegen die auf die Ritzmethode begründeten Verfahren der Härtebestimmungen von Körpern und ganz besonders auch gegen die Art und Weise, wie ich das Seebeck-Turnersche Verfahren ausbildete.[1]) Ich kann einerseits die gegen dieses Verfahren erhobenen Einwände vom praktischen Standpunkte aus nicht voll anerkennen und kann andererseits das von Kick vorgeschlagene Verfahren nicht ohne Einwendungen lassen.

Meinen weiteren Ausführungen möchte ich vorausschicken, daß ich Angesichts des Mangels einer völlig zufriedenstellenden Begriffserklärung der Eigenschaft „Härte“ bei meinen Bestrebungen keine andere Absicht gehabt habe, als ein hinlänglich sicheres und einfaches Verfahren auszubilden, mit welchem man die Eigenschaft oder die Summe von Eigenschaften, welche man nach den landläufigen Begriffen der Praxis als „Härte“ zu bezeichnen pflegt, messen kann. Demgemäß würde ich mich im Grunde auch damit zufrieden geben können, wenn mit diesem Verfahren nur die Möglichkeit gewonnen wird, wenigstens die Metalle nach ihrem Ritzwiderstande soweit zu ordnen, daß man praktischen Gebrauch von dieser Ordnung und dem Prüfungsverfahren machen kann.

[1]) „Sitzungsberichte des Vereins für Gewerbfleiß“ 1888 S. 41–44 und 1889 S 197 u. 198.

Digitized by Google

Dahin glaube ich gekommen zu sein, wie ich in der früheren Veröffentlichung („Mittheilungen" 1890 S. 215—237) nachgewiesen habe und später des Weiteren erweisen werde. Diesen Vorzug wird man dem Verfahren kaum noch streitig machen können.

Kick kennzeichnet die Ritzmethoden wie folgt:

„Bei diesem Verfahren wird ein bewegter ritzender Körper gegen das Probestück gedrückt und man bestimmt entweder:

1. den Druck, welcher nöthig ist, um für die Wege- oder Zeiteinheit einen bestimmten Theil des Probekörpers fortzuarbeiten; oder

2. den Verlust, den der Körper durch den ritzenden Gegenstand bei bestimmter Belastung in der Wege- oder Zeiteinheit erleidet (hierher gehören die Verfahren von Pfaff, Bottone, Hauenschild, Bauschinger, Smith, Martens u. A.)

3. den Druck, welcher eben noch ausreicht, um an dem zu untersuchenden Körper eine dem bloßen Auge sichtbare Spur zu hinterlassen, oder eine äußerst feine, mit dem Vergrößerungsglase bestimmte Spur (hierher gehört das Verfahren von Seebeck, Franz, Turner und Martens)."

Die Einwendungen, welche Kick gegen die Ritzverfahren überhaupt erhebt, darf man wohl wie folgt zusammenfassen:

1. Die ritzenden Körper (Stichel, Diamantspitzen) wirken auf bildsame Körper wesentlich anders ein als auf spröde. Bei bildsamen Körpern staucht sich der Span, bei spröden Körpern springen die Spänchen aus.

2. Die ritzende Wirkung jedes Stichels oder Stiftes ist natürlich abhängig von seiner Form, Härte, Anstellung, Geschwindigkeit und anderen Umständen. Man muß also auch hier völlige Uebereinstimmung der Apparate oder Methoden verlangen, um bei demselben Körper zu gleichen Zahlenangaben für seine Härte zu gelangen; die Zahlen, welche man aber auf diesem Wege erhält, messen dennoch die Härte nicht, denn bei gleich harten Körpern erhält man dann verschiedene Zahlen, wenn der eine bildsam, der andere spröde ist.[1])

Gegen das Verfahren von Turner und das von mir abgeänderte Turnersche Verfahren wendet Kick ein:

3. Abgesehen davon, daß beide Vorschläge für die rasche Vornahme von Härtebestimmungen, wie sie die Praxis brauchen würde, doch Einiges zu wünschen übrig lassen, sind beide prinzipiell gleich unrichtig.

Kick hält meine gegen die oben unter 1 und 2 gemachten Einwendungen[2]) für zutreffend, hebt aber hervor, daß die gleichen Einwendungen auch gegen das Verfahren Turners und das meinige zu erheben seien, denn es sei ganz gleichgültig, ob die gezogenen Furchen groß oder klein sind. Er stellt dann die Frage: „Worin liegt es nun, daß Turner und Martens ihre Härtebestimmungen für genau halten konnten?"

In dem Sinne Kicks habe ich für meine Person überhaupt gar nicht daran gedacht, meine oder die Turnersche Methode für genau (d. h. als zu einer Bestimmung

---

[1]) Diese Einwendungen decken sich zum größten Theil mit den von mir („Sitzungsberichte des Ver. f. Gewerbfleiß" 1888 S. 41—44) oder von Herz „Verhandlung d. Ver. f. Gewerbfleiß" 1888 S. 460 gemachten. Es würde zu weit führen, wollte ich alle einzelnen Sätze vorbringen, deswegen seien besonders interessirte Leser auf die Quellen verwiesen.

[2]) „Sitzungsber. d. Ver. f. Gewerbfl." 1888 S. 43.

Digitized by Google

der Härte im absoluten Maß ausreichend) zu halten, einfach deshalb nicht, weil meiner Auffassung nach es noch keine ausreichende Begriffserklärung für die Eigenschaft Härte giebt. Die bislang aufgestellten Erklärungen scheinen mir alle die Eigenschaft zu besitzen, daß sie unter den Händen zerrinnen, sobald man sie praktisch verwerthen will. In dieser Beziehung kann ich mich auch mit der von Herz aufgestellten Erklärung nicht zufrieden geben. Theoretisch deckt sich das Turnersche Verfahren vollkommen mit den Herzschen Forderungen. Theoretisch ist es unbedingt richtiger, oder wenn man will genauer, als das meinige; praktisch lassen sich die Forderungen von Herz überhaupt nicht erfüllen.

Dr. Herz definirt „„die Härte als die Festigkeit, welche ein Körper derjenigen Deformation entgegensetzt, die einer Berührung mit kreisförmiger Druckfläche entspricht."" Nach ihm wird ferner „„die Härte eines Körpers gemessen durch den Normaldruck auf die Flächeneinheit, welcher im Mittelpunkt einer kreisförmigen Druckfläche herrschen muß, damit in einem Punkte des Körpers die Spannungen eben die Elastizitätsgrenze erreichen"".

Die Herzsche Begriffserklärung ist nicht frei von Willkürlichkeit. Die Berührung mit einer Fläche würde keinen Erfolg haben, wenn sie nicht Endfläche eines berührenden Körpers ist. Ist sie aber Endfläche eines berührenden Körpers, so wird die Gestalt des Körpers hinter der Fläche nicht gleichgültig für die Druckvertheilung auf der Fläche sein, selbst wenn man einen homogenen Körper voraussetzt. Die Begriffserklärung müßte also immerhin die von Herz für seine theoretischen Betrachtungen gemachten Voraussetzungen und Einschränkungen enthalten; willkürlich bleibt dann immer noch die der Begriffserklärung zu Grunde gelegte Kreisform der Druckfläche. Die Herzsche Vorstellungsweise deckt sich insofern nicht mit der Wirklichkeit, als die Spannung an der Elastizitätsgrenze nicht in einem Punkte, sondern in einer kleinsten Fläche erreicht wird. Die Spitze eines materiellen Körpers kann man auch nur als Fläche sich vorstellen und wenn man beim Ritzen wirklich soweit geht, daß alle bleibenden Eindrücke verschwinden, so erfüllt die Turnersche Methode thatsächlich die Herzschen Forderungen. Praktisch ist das aber mit keiner Methode erreichbar, weil sich wohl der Begriff „Elastizität" theoretisch feststellen, die Elastizitätsgrenze sich aber praktisch mit keiner Methode in aller Schärfe ermitteln läßt; hierbei ist noch ganz abgesehen von den besonders schwierigen Verhältnissen, unter denen dies geschehen müßte und davon, daß es eben keine homogenen Körper giebt, wie die Herzsche Theorie sie voraussetzt; was Herz zum Schluß seiner Arbeit auch als Ursache dafür angiebt, daß seine Versuche bei Metallen unbefriedigende Ergebnisse lieferten.

Was bleibt nun übrig für die Gewinnung eines Maßstabes für die Härte? Das Ritzverfahren, wie mir scheint. Da kein Mittel bekannt ist, die von Herz verlangte und mit einigem Vorbehalt auch durchaus anzuerkennende Grenze zu finden, so wird man eben zum wirklichen Ritzen gehen müssen, d. h. bis zur Erzeugung einer bleibenden Formänderung. Ist die bleibende Formänderung praktisch ohne eine Spanbildung denkbar? Jedenfalls! Aber nur unter Umständen, die wieder sehr viel Unbestimmtes in die Sache hineintragen würden. Man würde vielleicht die Kugelfläche vom Halbmesser 1 als ritzende Fläche verwenden können, wäre aber praktisch wohl auf den Millimeter angewiesen. Dann kommen eben alle die Umstände in Betracht, welche Kick als zweiten allgemeinen Einwand hervorgehoben hat. Deswegen sind Turner und ich zur

Digitized by Google

Spitze übergegangen und lassen diese Spitze eben noch bemerkbare (Turner) oder deutlich meßbare (Martens) Ritzungen erzeugen, weil man hiergegen jedenfalls nicht mehr Einwendungen machen kann, als gegen die Anwendung einer Kugel- oder anderen Fläche. Die die Spanbildungen betreffenden allgemeinen Einwendungen und die Forderung eine in allen Theilen bestimmten Verfahrens, sowie der Verwendung bestimmter Formen ist nach voraufgehendem durchaus berechtigt, aber bei meinem Verfahren, wie mir scheint, auch beachtet, soweit dies eben technisch möglich ist.[1])

Ich habe, wie ich glaube, erwiesen, daß die Verfolgung des Herzschen Gedankens praktisch zur Anerkennung der Ritzmethode führen dürfte. In der That ist ja das von Kick auch seinen ferneren Erörterungen zu Grunde gelegte Verfahren dasjenige der Mineralogen, nämlich das Ritzverfahren (Mohssche Skala). Kick erkennt ausdrücklich die Herzsche Forderung an, daß „die Ordnung, in welche eine richtige Härtemessung die Körper nach der Härte bringt, übereinstimme mit der mineralogischen Härteskala." Er nimmt dieses Ritzverfahren ausdrücklich als den Maßstab für sein später zu besprechendes Verfahren der Härtebestimmungen durch den Scheerversuch in Anspruch.

Wenn ich mich im Allgemeinen auch auf den gleichen Standpunkt stelle, daß es wünschenswerth ist, eine neue Methode thunlichst an diese allgemein eingebürgerte Anschauung anzuschließen, so kann ich mir doch denken, daß es noch zweckmäßiger sein würde, wenn ein Verfahren gefunden werden könnte, welches gestattet, die Härte in absolutem Maß auszudrücken. Es scheint aber, als ob wir noch lange auf den empirischen Vergleich angewiesen sein werden, und man wird deswegen mit dem mineralogischen Verfahren wohl noch lange zu rechnen haben, wenn auch seine Unvollkommenheiten zu Tage liegen.

Vom versuchstechnischen Standpunkt aus wird man einräumen müssen, daß die Methode der vergleichenden Bestimmung der Härte durch gegenseitiges Ritzen der Körper mit recht erheblichen Fehlerquellen behaftet ist. Welchen Einfluß hat nicht die Beschaffenheit der geritzten Fläche, die Gestalt und Stellung des ritzenden Körpers, der Druck und die Geschwindigkeit, mit welchen die gegenseitige Bewegung vollzogen wird? Welchen Maßstab soll man anlegen zur Feststellung der Thatsache, ob der eine Körper den andern ritzt oder von ihm geritzt wird? Man braucht nur einige thatsächlich verschieden harte Metalle gegen einander zu prüfen und man wird bald finden, daß zuweilen das weichere das härtere ritzt, wie es sich bei der später mitzutheilenden Reihe mehrfach zeigte. Mit welcher Zuverlässigkeit kann man voraussetzen, daß die an verschiedenen Stellen gebräuchlichen Körper der Mohsschen Skala einander gleichwerthig sind? Kurz, einen scharfen Maßstab kann das mineralogische Verfahren meines Erachtens schon aus versuchstechnischen Gründen nicht geben; aber es bildet zunächst wohl den zuverlässigsten, und ich lasse ihn deswegen mit Kick zur Beurtheilung unserer Methoden gelten. Hier möchte ich nur noch kurz das Wesen der meinigen wiederholen:

[1]) Ich darf hier wohl noch geltend machen, daß, da man sich ohne Zweifel einen stetigen Uebergang aus der einen Methode in die andere denken kann, jedenfalls erwartet werden darf, daß das Ritzverfahren sich um so mehr von den gegen es erhobenen Einwendungen wegen der Spanbildung frei macht, je feiner die gezogenen Risse werden. Ueber die Frage aber, einen wie großen relativen Einfluß man der Spanbildung auf das Ergebniß unter den verschiedenen Umständen beizumessen hat, kann nicht die allgemeine Erörterung, sondern nur der Versuch entscheiden.

Digitized by Google

Die Härtebestimmung erfolgt an einer ebenen, thunlichst vollkommen polirten Fläche des Körpers, indem er durch einen Diamanten von kegelförmiger Gestalt mit nahezu 90° Spitzenwinkel geritzt wird, wobei die Diamantspitze verschieden stark belastet ist. Die unter diesen Belastungen erzielten Strichbreiten liefern den Maßstab für die Härte des Materiales.

Ich komme nun zu den Einwendungen, welche ich gegen das Verfahren meines Freundes Kick zu machen habe.

Kick baut sein Verfahren auf den Satz: „Ich behaupte, daß die Härte proportional der Scheerfestigkeit ist, daß also die Härte durch die Scheerfestigkeit gemessen werden kann, ja daß man sagen darf: Härte ist Scheerfestigkeit."

Gegen diesen Satz an sich läßt sich theoretisch vielleicht keine erhebliche Einwendung machen; praktisch scheint mir aber kein großer Gewinn gegenüber der früher be-

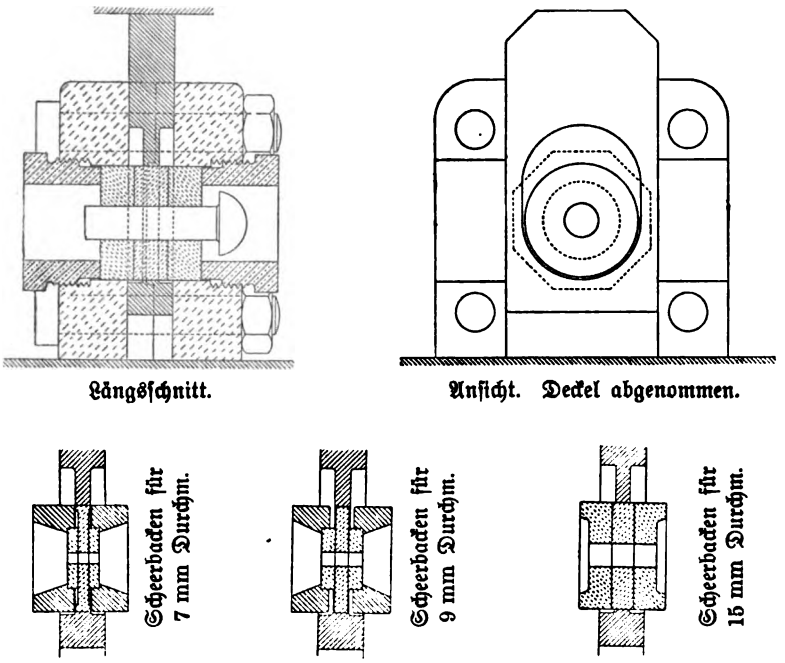


Fig. 1.

Abmessungen der Einlegeringe.

1.	für	Bolzen	von	24	mm	Durchm.	3	Ringe	zu	75	mm	Durchm.	und	24	dick.
2.	„	„	„	22	„	„	3	„	„	75	„	„	„	22	„
3.	„	„	„	19	„	„	3	„	„	75	„	„	„	19	„
4.	„	„	„	15	„	„	2	„	„	75	„	„	„	19	„
							1	„	„	75	„	„	„	15	„
5.	„	„	„	9	„	„	2	„	„	75	„	„	„	24	„
							2	„	„	40	„	„	„	9	„
							1	„	„	75	„	„	„	9	„
6.	„	„	„	„	„	„	2	„	„	40	„	„	„	7	„
							1	„	„	75	„	„	„	10	„

sprochenen Begriffserklärung erreicht zu sein, denn die Scheerfestigkeit ist ebenso wenig eine einfache Eigenschaft als es die Härte ist. Scheerfestigkeit kann in einem wirklich

Digitized by Google

vorhandenen Körper unter keinen Umständen allein zur Wirkung kommen, ebensowenig wie bei einem Zugversuch Kräfte und Massenverschiebungen ausschließlich parallel zur Zugrichtung auftreten. Weil es versuchstechnisch unmöglich ist, die Kraftwirkungen allein in der Scheerebene eintreten zu lassen, halte ich es für einen Trugschluß, wenn Kick den Herzschen Satz, daß zur Bestimmung der Härte eines Materiales bei Anwendung seiner (der Herzschen) Methode ein anderes Material überhaupt nicht nöthig ist, auch für seine eigene Methode in Anspruch nimmt, und mit Herz hieraus folgert, daß deswegen die Methode als eine absolute zu bezeichnen sei. Kick sagt nämlich: „Es bedarf streng genommen auch hier (beim Scheerversuch) keines andern Körpers als den auf seine Härte zu prüfenden, um eine Probe durchzuführen;" denn für die Härtebestimmung des Zinnes könnten die Scheerbacken aus Zinn, für jene des Quarzes aus Quarz sein. Das ist eben nicht möglich, wenn man die praktischen versuchstechnischen Bedingungen berücksichtigt, wie sich ergeben wird, wenn wir die weiteren Ausführungen Kicks verfolgen.

Um übrigens die Behauptung Kicks zu erproben, daß man bei allseitiger Umschließung einen Körper mit sich selbst scheeren könne, habe ich einen Versuch mit Blei ausgeführt, indem ich in den von mir für Scheerversuche konstruirten Apparat (vergl. Fig. 1) bleierne Scheerbacken einlegte und hiermit einen etwas kegelförmigen genau eingepaßten Bleikörper abscheerte.

Der Apparat besteht aus einem Schieber, welcher sehr sauber in einem zweitheiligen Gußkörper geführt ist, dessen beide Theile ineinander greifend zusammengepaßt und durch vier Schraubenbolzen verbunden sind. In den Gußkörper und den Schieber können gehärtete Stahlscheiben eingelegt werden (die im gegenwärtigen Falle durch Bleischeiben ersetzt waren). Diese Scheiben enthalten die zur Aufnahme der Scheerprobe bestimmten Löcher, so daß man nach Austausch der Scheiben Bolzen von verschiedener Dicke scheeren kann, wobei die Abmessungen stets so gewählt sind, daß die Dicke der Scheiben gleich der Bolzenstärke ist und die Bolzen an jedem Ende um den halben Durchmesser vorstehen. Zwei durchbohrte Messingschrauben pressen die Scheerbacken gegen einander, so daß sie scharf aneinander anliegen aber der Schieber immer noch hinlänglich leicht beweglich bleibt. Der Apparat wird in die Festigkeitsprobirmaschine eingebaut und der Schieber mit gemessener Kraft belastet. Man kann Bolzen von 7—30 mm Durchmesser prüfen.

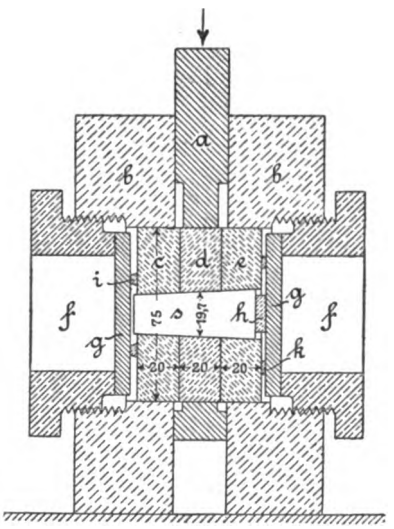


Fig. 2.

Für die hier zu beschreibenden Versuche war der Apparat, wie gesagt, mit Bleibacken versehen und wie in Fig. 2 angedeutet, hergerichtet. Der sauber eingepaßte konische Bleikörper s wurde mit Hülfe des Bleischeibchens h und der Platte g durch die rechte Mutter f in die bleiernen Scheerbacken gedrückt, wobei die linke Mutter f mittelst der Scheibe g und des Bleiringes i Gegenpart hielt. Damit die Scheerbacken vorher hinlänglich mit einander in Berührung kamen, waren an der rechten Seite zwischen Scheibe g und

Digitized by Google

Backen e noch drei kleine Bleikörperchen k eingelegt, welche zusammengedrückt werden mußten, ehe das Bleischeibchen h zur Wirkung kommen konnte. Diese drei Bleistückchen und der Ring i zeigten sich nach dem Versuch soweit zusammengedrückt, daß der Körper s schließlich auch mit der linken Platte g in Berührung gekommen war und sich etwas angestaucht hatte. Man darf einen allseitigen Schluß zu Beginn des Versuches also wohl annehmen. Alle Bleitheile waren zusammen aus gleichem Metall gegossen. Die auf den Schieber ausgeübte Kraft mißt den Scheerwiderstand plus dem Reibungswiderstande in den Flächen der bleiernen Scheerbacken. Der Reibungswiderstand mußte bei dieser Versuchsanordnung selbstverständlich bedeutend werden.

Beim Versuch ergab sich:

Belastung in d kg	Verschiebung von d bezogen auf (Belastung 480 = 0) mm	Bemerkungen
340	—	erstes Abfallen der Wage (? Ueberwinden der Reibung und Beginn der Formänderung?)
480	0	
510	1,0	zweites Abfallen der Wage
800	1,8	
900	2,7	die Bewegung erfolgt beständig, aber der Hebel kommt wieder hoch
1 000	3,7	
1 100	4,8	
1 200	9,8	der Hebel kommt nicht mehr hoch

Beim Auseinandernehmen des Apparates saßen die abgescheerten Körpertheile noch so fest aufeinander, daß es ohne Beschädigung der Probe nicht möglich gewesen wäre, die Körpertheile zu trennen. Der Apparat wurde deswegen wieder zusammengesetzt und der Körper dann durchgescheert. Nach dem Herausnehmen zeigte sich, daß das Loch in der Mittelbacke ganz länglich und die Probe krumm geworden war, wie in Fig. 3 dargestellt. Der Theil t des Scheerbackens d ließ die Zusammendrückung des Materials erkennen, obwohl ein sichtbares Ausweichen der Seitenflächen kaum stattgefunden hat, dagegen hatte sich, der Schieber d, dessen Berührungsfläche mit der Scheerbacke etwas schmaler war als die Backe, ein wenig in deren Umfang eingedrückt, so daß das Material nach hierher ausgewichen sein wird. Der Durchmesser der Backe betrug 75 mm gegenüber einem Scheerlochdurchmesser von 19,7 mm. Der Umschluß war trotzdem und trotz des ziemlich scharfen Anziehens der Muttern f noch nicht kräftig genug, wenn auch der zu scheerende Körper anfangs allseitig umschlossen war. Ich habe die Ueberzeugung gewonnen, daß es kaum möglich sein dürfte, ohne Anwendung großer Nebenkräfte einen Körper mit sich selbst zu scheeren. Nun kommt praktisch hinzu, daß es in diesem Falle schwer werden dürfte, einen doppelschnittigen Apparat so zu konstruiren, daß nicht bedeutende Reibungswiderstände auftreten.

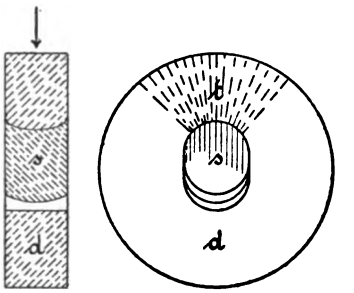


Fig. 3.

Aus den oben angeführten Zahlen ergiebt sich die

$$\text{Scheerfestigkeit} + \text{Reibung} = \frac{1200}{2 \times 3{,}05} = 198 \text{ kg/qcm.}$$

Digitized by Google

Die Wiederholung des Versuches in der gewöhnlichen üblichen Weise unter Anwendung von gehärteten Stahlbacken ergab folgende Werthe:

Belastung in d kg	Verschiebung von d in mm	Bemerkungen
0	0,0	
100	0,0	
400	0,1	
460	0,4	erstes Abfallen der Wage
500	0,5	
540	0,7	zweites Abfallen der Wage
600	0,9	beständige Bewegung, aber die Wage kommt wieder hoch, läßt
700	1,8	sich gerade noch im Einspielen erhalten, die Bewegung ist aber beständig

Die drei Theile der Probe hängen noch so fest zusammen, daß das eine Probenende abgesägt werden muß, um den Bleikörper aus der mittleren Backe entfernen zu können. Die Scheerflächen sind ganz glatt. Die jenseits des Kraftangriffes gelegenen Theile der Probe füllen die Löcher in den Scheerbacken nicht aus, sie zeigen an diesen Stellen ähnliche Formänderungen, wie die Probe beim vorigen Versuch, etwa wie in Fig. 4 dargestellt.

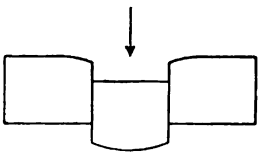


Fig. 4.

$$\text{Scheerfestigkeit} + \text{Reibung} = \frac{700}{2 \times 2{,}69} = 130 \text{ kg/qcm}$$

Der Reibungswiderstand ist hier aber viel kleiner, als beim ersten Versuch, da die Schrauben f so angezogen waren, daß vor dem Einführen des Probekörpers das Gewicht des Schiebers d (4 kg) hinreichte, um ihn sicher zwischen den Gleitflächen zu bewegen.

Das erste Versuchsergebniß zum zweiten verhält sich wie 1,52 : 1.

Die nach Kicks Darlegungen leitenden Gründe für seinen Satz „Härte ist Scheerfestigkeit" sollen, wenn ich recht verstanden habe, folgende sein:

1. Beim Eindrücken eines prismatischen Körpers mit ebener Endfläche bildet sich bekanntlich eine Pyramide; an deren Mantelfläche entstehen Rutsch- und Gleitflächen. „Ein wesentlicher Theil des Widerstandes gegen das Eindringen der Druckfläche ist als Widerstand gegen Schub" an jener Mantelfläche aufzufassen.

2. Die Art der Spanbildung, wie sie bei feinkörnigen wenig bildsamen Metallen zu finden ist, entsteht durch periodisches Abrutschen in einer Gleitfläche. „Es ist also auch hier ein Gleiten bezw. Abscheerungswiderstand besonders maßgebend."

Als zwingenden Grund für seinen Satz führt Kick dann an, daß bei vollkommener Ausführung des Scheerversuches (d. h. wenn die Scheervorrichtung so eingerichtet ist, daß die Theile der Versuchsstücke in so „kräftiger, allseitiger Umschließung gehalten werden, daß sie nach keiner Seite irgend auszuweichen vermögen"), zwei gleich harte Körper, von denen der eine bildsam der andere spröde ist, gleiche Scheerfestigkeit zeigen. Zinn und Schellack ritzen einander nicht (bei 25 C°) und zeigten gleiche Scheerfestigkeit. Kick behauptet, daß hierbei Zufall und Irrthum ausgeschossen seien. Ich muß gestehen, daß ich hiervon noch nicht völlig überzeugt bin, aber auch dann noch nicht dieses Zusammentreffen als zwingenden Grund für den Satz „Härte ist Scheerfestigkeit" anzusehen vermöchte.

Digitized by Google

Kick hat nur einige wenige Versuche mit den beiden genannten Körpern Schellack und Zinn mit einem ganz kleinen Apparat ausgeführt, welcher die Anwendung von nur $2 \times 1 \times 2 = 4$ qmm Scheerfläche gestattete. Bei einer so kleinen Fläche spielen die unvermeidlichen Versuchsfehler doch schon eine große Rolle, und man muß, um sich ein selbstständiges Urtheil über den Werth der Versuche bilden zu können, die Einzelwerthe kennen, welche bei der Feststellung der Fehlerquellen und bei der Bestimmung der Fehlergrößen gefunden worden sind. Erst dann wird man mit Sicherheit beurtheilen können, welches Gewicht man den aus vielen Einzelversuchen gewonnenen Mittelwerthen für die Scheerfestigkeit von Zinn und Schellack beilegen und mit welcher Zuverlässigkeit man das bei Zinn und Schellack gefundene Verhalten als Glied für die Aufstellung des Satzes „Härte ist Scheerfestigkeit" benutzen darf. Der vollständige Beweis scheint mir aber erst dann erbracht zu sein, wenn eine Reihe solcher Glieder den Satz in gleicher Weise bestätigt.

Habe ich bislang die versuchstechnischen Gründe angeführt, welche mich dazu anhalten in der Zustimmung zu dem Satz von Kick vorsichtig zu sein, so muß ich jetzt auch noch meine grundsätzlichen Bedenken geltend machen. Offenbar haben die Versuche Kicks über die Formänderung spröder Körper unter allseitigem hohen Druck eine außerordentlich hohe Bedeutung, aber in Bezug auf die hier zu behandelnde Frage scheint es mir, als ob sie ihren Urheber auf einen falschen Weg geführt hätten.

Als den praktischen Zweck der Härtebestimmung oder Feststellung der Scheerfestigkeit kann ich mir in erster Linie nur den denken, daß man Härte und Scheerfestigkeit des Körpers kennen lernen will, wie er eben vorliegt, wie er technisch zur Verwendung kommt. Ist nun ein Körper, den man durch „kräftige allseitige Umschließung, so daß er nach keiner Seite irgend auszuweichen vermag", in den bildsamen Zustand (falls es ein spröder Körper war) überführte, in diesem Zustande noch derselbe? Ist seine Härte, seine Scheerfestigkeit die gleiche geblieben, wie sie im Anfangszustande war?[1]) Hier liegt nach meiner Meinung die Lücke in der Kickschen Schlußfolgerung. Er hätte die Härte der beiden Körper, die er in Vergleich stellte, Zinn und Schellack, unmittelbar vor dem Scheerversuch in dem Zustande feststellen müssen, in welchen er sie durch die besondere Art der Behandlung bis zum Versuch gebracht hatte, um aus den Ergebnissen mit Recht folgern zu können, „die Härten beider Körper sind gleich, die Scheerfestigkeiten sind gleich" und deshalb kann vielleicht das allgemeine Gesetz bestehen: „die Härte ist proportional der Scheerfestigkeit". Nachdem aber die Härte im gewöhnlichen Zustande des Materiales durch gegenseitiges Ritzen, die Scheerfestigkeit aber im allseitig umschlossenen, veränderten Zustande bestimmt ist, scheint mir die angewendete Schlußfolgerung nicht zulässig zu sein.

Ist nun der Körper an sich schon bildsam, so ist nach meiner Auffassung auch dann durch die „kräftige allseitige Umschließung" die Sachlage verdunkelt. Offenbar hat diese Umschließung nur dann den, wie mir scheint, von Kick beabsichtigten Zweck, die Scheerbacken (Löcher) immer vollkommen ausgefüllt zu erhalten,[2]) wenn die Kräftigkeit

[1]) Kick giebt übrigens zu, daß dies nicht der Fall ist, denn er sagt: „Wenn es möglich sein soll, bildsame und spröde Materialien so vollkommen zu umschließen, daß bei ihnen thatsächlich reine Abscheerung erreichbar ist, so müssen dieselben in der Umschließung einer Pressung unterworfen sein welche die Verschiedenartigkeit der Natur dieser Körper gleichsam aufhebt."

[2]) Nur dann kann der Körper nach keiner andern als der beabsichtigten Seite ausweichen.

Digitized by Google

der Umschließung ein bestimmtes Maß überschreitet, nämlich dasjenige, welches durch die Streckgrenze des zu scheerenden Körpers gegeben ist. Nur unter dieser Bedingung ist es möglich, die Körper (auch die konisch bearbeiteten) zum vollkommenen Anliegen oder Ausfüllen der Höhlungen zu veranlassen. Also auch hier müssen die zu prüfenden Körper in einen anderen Zustand übergeführt werden und die zu prüfenden Eigenschaften können sich geändert haben.[1])

Gegen eine Behauptung Kicks muß ich mich übrigens noch wenden, welche ihn besonders mit veranlaßt haben dürfte, von seiner Methode anzunehmen, daß sie ein absolutes Maß für die Härte zu liefern vermöge. Kick sagt nämlich: „Bei dem reinen Abscheerungsvorgange wächst der Druck, bis die Elastizitätsgrenze auf der ganzen Scheerfläche gleichzeitig überschritten wird; dann erfolgt das Abscheeren plötzlich." „Der Maximalwiderstand für das Abscheeren tritt an der Elastizitätsgrenze auf, dieser Widerstand wird gemessen. Es treffen also alle wesentlichen Bedingungen des Herrn Dr. Herz thatsächlich zu."

Ganz abgesehen davon, daß, wie ich mehrfach hervorhob, die Elastizitätsgrenze praktisch wohl bei keinem Material einen bestimmten Werth hat, ist auch zu bestreiten, daß die Elastizitätsgrenze überhaupt auf der ganzen Scheerfläche gleichzeitig überschritten wird. Der Druck kann nur durch den mittleren Scheerbacken erzeugt werden, er kann von hier aus nur unter gleichzeitiger elastischer Formänderung des Scheerbackens übertragen werden und hierbei wird die Spannungsvertheilung in den scheerenden und gescheerten Körpern keine gleichmäßige sein können. Es treten durchaus ähnliche Verhältnisse ein, wie sie Herz in Bezug auf die gegenseitige Berührung fester Körper in der mehrfach angeführten Abhandlung entwickelt hat. Daran kann auch die allseitige kräftige Umschließung selbst dann nichts Wesentliches ändern, wenn sie bis zur Ueberschreitung der Streckgrenze fortgeführt wird.

Das sind die Gründe, welche es mir schwer machen die Ueberzeugung zu gewinnen, daß man durch den Scheerversuch, wie Kick ihn anstrebt, praktisch etwas Besseres erzielen wird, als man es bereits hat. Der Techniker wird voraussichtlich dabei bleiben müssen, den Scheerversuch in der bisherigen Weise ohne die kräftige allseitige Einschließung auszuführen. Bei einem solchen Versuche sind dann aber Biegungsspannungen u. s. w. nicht zu vermeiden, und der gemessene Scheerwiderstand ist nichts als ein herkömmliches Gewohnheitsmaß für die reine Scheerfestigkeit. Wenn aber auch Kicks Satz richtig wäre, so könnten dennoch die auf die gebräuchliche Weise gewonnenen Scheerfestigkeiten kein absolutes Maß für die Härten der Körper sein.

Wenn ich auch nicht glaube, daß hiermit etwas Wesentliches gewonnen werden würde, so möchte ich übrigens doch darauf aufmerksam machen, daß man den Scheerwiderstand im Sinne Kicks vielleicht noch vollkommener, als dies bei doppelschnittiger Beanspruchung im Scheerapparat geschehen kann, durch den Lochversuch messen könnte,

[1]) Ich habe hier übrigens anzuführen, daß Herz mit vollem Recht den Einwand macht, daß die Härte des zu prüfenden Stückes beim Eindringen eines Fremdkörpers sich ändern und man deswegen mit allen Verfahren, bei denen die Elastizitätsgrenze überschritten wird, also bleibende Formänderungen erzeugt werden, nicht die wahre Härte des Materials ermitteln könne. Dieser Einwand trifft selbstredend auch das Ritzverfahren, aber voraussichtlich nicht in gleichem Grade wie das Scheerverfahren. Endgültige Aufklärung über den Grad des Einflusses können wohl nur Versuche geben.

Digitized by Google

indem man den Apparat wie folgt anordnet (Fig. 5). Der zu lochende Körper b wird zwischen die Backen a und c so kräftig gepreßt, daß die Streckgrenze auf Druck erreicht wird, dann wird mit gemessener Belastung der Stempel d durch den zu prüfenden Körper gedrückt. Bei dieser Anordnung kann man den Körper b nöthigenfalls leicht in einen kräftigen Ring einhüllen, welcher das Ausfließen nach der Seite verhindert. Will man thatsächlich eine lückenlose allseitige kräftige Umschließung der Probe haben, so würde man mit Hülfe eines Bügels e den Stempel d und Gegenstempel f durch die Schraube g gegen das Versuchsstück b pressen (vielleicht wiederum bis zur Erreichung der Streckgrenze) und das Lochen durch gemeinsames Verschieben dieser Theile bewirken.

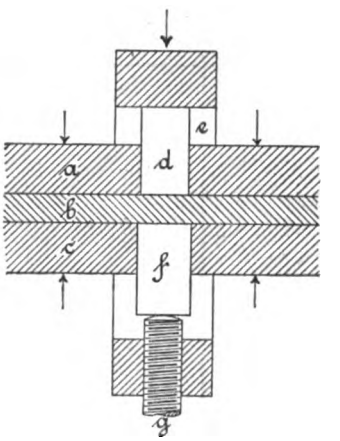


Fig. 5.

Nachdem ich durch Vorausstehendes bewiesen habe, daß auch durch das von Kick vorgeschagene Verfahren eine endgültige und praktisch verwerthbare Lösung der Aufgabe kaum gefunden sein dürfte, und nachdem ich wiederholt anerkannt habe, daß das von mir angegebene Verfahren keineswegs ein absolutes Meßverfahren für die Härtebestimmung bildet, ist es meine Pflicht zu erweisen, daß es wenigstens den von mir ins Auge gefaßten Bestrebungen, ein praktisch verwerthbares Verfahren für die Materialprüfung auszubilden, genügt. Den Hauptbeweis glaube ich hierfür in einer voraufgehenden Arbeit „Mittheilungen" 1890 S. 215 „Untersuchung dreier Härteprüfer" bereits erbracht zu haben. Ich habe daselbst die Versuchsergebnisse angeführt, welche es gestatten, sich einen Ueberblick über die Fehler der Methode und über die Fehler der Apparate zu bilden. Selbstverständlich muß zur Erlangung eines noch sicheren Urtheils das Versuchsmaterial vermehrt werden, das wird ja sicher auch von anderer Seite geschehen, nachdem drei Apparate in fremde Hände übergegangen sind. Auch die Untersuchungen in der Versuchsanstalt werden weiterfortgeführt.

Abgesehen von der am vorgenannten Orte gegebenen Zahlenwerthen für die Beurtheilung des versuchstechnischen Werthes des Apparates und des Verfahrens bleibt mir hier noch hervorzuheben, daß die für die Härten der verschiedenen untersuchten Körper gefundenen Werthe im Großen und Ganzen in derselben Ordnung stehen, wie sie die mineralogische Härtebestimmung ergeben würde. Um dem Leser die Uebersicht zu erleichtern, wiederhole ich hier die gefundenen Werthe in etwas kürzerer Form, indem ich den sich näher Interessirenden bitte, die Haupttabellen vergleichen zu wollen.

(Vergleiche die Tabellen auf Seite 288.)

Aus der Zusammenstellung Tab. 3 geht hervor, daß die Einordnung in ziemlich befriedigender Weise mit der Mohsschen Härtefolge übereinstimmt und daß das mineralogische Verfahren, auf die gegenseitige Härtebestimmung der Körper angewendet, im Allgemeinen Uebereinstimmung mit dem von mir eingeführten Verfahren, selbstverständlich zunächst innerhalb der hier gegebenen Grenzen liefert. Ich darf wohl hervorheben, daß die Ritzungen der Körper gegeneinander vor der Ritzung mit dem Diamanten ausgeführt und niedergeschrieben sind. Die sich ergebenden Widersprüche sind meistens dadurch verursacht, daß man bei den polirten Flächen sehr leicht Spuren des Ritzens

Digitized by Google

Tabelle 1. Zusammenstellung der Härte von Kupfer-Zinnlegirungen (nach Tab. 6 S. 287).

	Schellack	Zinn 10	$Cu\,Sn_5$ 0,97 : 9,03	$Cu\,Sn_4$ 1,19 : 8,81	$Cu\,Sn_3$ 1,52 : 8,48	$Cu\,Sn_2$ 2,12 : 7,88	$Cu\,Sn$ 3,50 : 6,50	$Cu_2\,Sn$ 4,93 : 5,18	$Cu_3\,Sn$ 6,18 : 3,82	$Cu_4\,Sn$ 6,83 : 3,17	$Cu_5\,Sn$ 7,29 : 2,71	$Cu_{10}\,Sn$ 8,43 : 1,57	$Cu_{15}\,Sn$ 8,90 : 1,10	$Cu_{20}\,Sn$ 9,15 : 0,85	$Cu_{25}\,Sn$ 9,32 : 0,68	Bemerkungen
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	o	p	
[1]) Vergl. S. 286 Tab. 6 u. S. 287	150 bis 178	282	364	378	800 und 446	218 und 487	625	880	1100	1020	1000	825	780	816	675	Apparat IV bei e bis g sind harte und weiche Theile neben einander ausgeschieden.
Der Körper ritzt	—	—	[d]	[e]	[f]	o u. b	[e] (g)	o u. d	f, e bis b	[g] f bis b	g u. f	i, h u. g	h	g, f	[g] f	n [g] e	[o u. n] [f] e	
(ist härter als)	—	2	2	2	2	2	[3]	(3)	3 [4]	4	4	3	3.	.	.			
Der Körper ritzt nicht	b	a, o u. o	—	—	—	—	—	—	—	—	k, i	l, k, i, h	m bis h	m bis h	m bis g			
(ist weicher als)	—	3	3	3	3	3	4	4	5	5	5	4	4	3.4	3			
Der Körper wird geritzt von	—	c	d	(o) [e]	[d u. f]	[g]	.	—	(h)	—	(k)	l, k, i [h]	m bis g [f]	n bis g [f] (e)	[o u. n] m bis g			
(ist weicher als)	.	3	3	3	3	3	(3) 4	5	[5] (4)	5	5	4	3.4	4	— [b]			
Der Körper wird nicht geritzt von	b	a	—	—	—	—	f	g	—	i h	i	e	—	—	.			
(ist härter als)	—	2	2	2	2	2	—	3. 4	—	—	—	3	2	[3]	3			
Ist also nach Mohs einzuordnen	—	2—3	2—3	2—3	2—3	2—3	3—[4]	4	4—5	4—5	4—5	3—4	3	3-4	3			

Härtefolge nach Mohs:
1. Talk
2. Gyps
3. Kalkspath
4. Flußspath
5. Apatit
6. Feldspath

Tabelle 2.

Zusammenstellung der Härte mehrerer Metalle.

Versuchsreihe	Blei	Zinn	Zink	Kupfer	Messing	Nickel	Stahl weich	Glas	Stahl hart	bestimmt mit
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	
1. vergl. S. 225 . .	—	—	—	343	447	—	708	—	1410	Apparat I—IV
2. vergl. S. 285, Tab. 5	168	284	426	888	528	557	765	1355	1875	Apparat I—IV
Der Körper ritzt und	—	a	b u. d	b u. c	d	e	f	g	h	Der Unterschied zwischen Zink und Kupfer war gering
wird geritzt von	b	c	d u. e	c u. e	f	g	h	i	—	
3. vergl. S. 286, Tab. 6	—	282	—	—	—	—	—	—	—	Apparat IV
Nach Mohs (Leunis)	$1^1/_2$	—	—	3	—	—	4–5	5–5_5	6–6_5	

NB. In Tabelle 1—3 ist die () gleichbedeutend mit dem Zusatz „zum" und [] bedeutet „schwach".

Tabelle 3.

Einordnung der Körper nach der Härte (Apparat IV), nach Mohs und nach der gegenseitigen Ritzung.

No.	Zusammensetzung	Härte	Mohs	Widersprüche der gegenseitigen Ritzung gegen die Härteordnung: Der Körper ist härter als: er ritzt nicht	er wird nicht geritzt von	Der Körper ist weicher als: er ritzt nicht	er wird geritzt von
b	Sn	282	2—3	—	—	—	—
c	$Cu\,Sn_5$	364	2—3	[d]	—	—	—
d	$Cu\,Sn_4$	378	2—3	[e]	—	—	(c)
e	$Cu\,Sn_3$	800 u. 446	2—3	[f]	—	—	[d]
f	$Cu\,Sn_2$	218 u. 487	2—3	(g)	—	—	—
g	$Cu\,Sn$	— u. 625	3—[4]	—	—	—	[f] g
p	$Cu_{25}\,Sn$	675	3	[n o]	—	g	[f] g
n	$Cu_{15}\,Sn$	780	3	—	—	—	(e)[f]gpn
o	$Cu_{20}\,Sn$	816	3—4	—	—	—	—
m	$Cu_{10}\,Sn$	825	3—4	—	—	—	—
h	$Cu_9\,Sn$	880	4	—	—	—	—
l	$Cu_8\,Sn$	1000	4—5	—	i	—	—
k	$Cu_4\,Sn$	1020	4—5	i	i	—	—
i	$Cu_3\,Sn$	1100	4—5	—	—	—	(h)

Digitized by Google

bemerkt und dann oft im Zweifel bleibt, ob eine wirkliche Ritzung vorliegt oder nicht. Unzweifelhafte Widersprüche dürften nur dort bestehen, wo die Buchstaben nicht eingeklammert erscheinen.

Es bleibt nun noch der Einwand zu erörtern, den Kick dem Turnerschen und meinem Verfahren machte, nämlich den, daß sie praktisch unbequem und unhandlich seien. Dieser Einwand trifft, wenn man seine sonstigen Schwächen in den Kauf nehmen will, jedenfalls das Turnersche Verfahren in erheblich geringerem Grade als das meinige. Bei Turner ist nur das Ritzen unter verschiedenen Belastungen auszuführen, was vielleicht für jede Probe 5—10 Minuten in Anspruch nehmen dürfte, die Feststellung dessen, bei welcher Belastung die Striche dem Auge verschwinden und erscheinen, wird bei nur geringer Uebung des Beobachters und namentlich wenn die Ritzungen in übersichtlicher Form ausgeführt wurden, kaum einige Minuten in Anspruch nehmen. Dazu kommt die Herrichtung der Probeflächen und Nebenarbeiten, die man für die Beurtheilung der Leistungsfähigkeit des Apparates und des Verfahrens erst in zweiter Linie in Betracht zu ziehen hat. Kurz, ich glaube, daß man in einer Stunde sicher 2—3 Prüfungen machen kann.

Bei meinem Apparat kann man einen Versuch sicher in 30—40 Minuten erledigen und wenn man gleichzeitig eine größere Reihe von Prüfungen zu machen hat, so wird man auf den Versuch 15—20 Minuten zu rechnen haben.

Da nun die Härtebestimmungen kaum im laufenden Fabrikbetriebe ausgeführt werden dürften, sondern meistens nur in besonderen Fällen angestellt zu werden pflegen, so kann man, glaube ich, mit der Leistungsfähigkeit der Methode bis zur Auffindung einer besseren zufrieden sein. Es kann ja allerdings nicht geleugnet werden, daß der Apparat (Härteprüfer und Mikroskopmikrometer) für den Gebrauch in der Praxis reichlich umständlich ist. Indessen man könnte doch, wenn sich das Bedürfniß herausstellt und weitere Erfahrungen vorliegen, leicht noch Vereinfachungen eintreten lassen.

2. Vergleichende Untersuchungen von Kesselblechen aus Thomas-, Siemens-Martin- und Schweißeisen.

(Theil II.)

Vom stellvertretenden Vorsteher Rudeloff.

Im Heft 3 der „Mittheilungen“ 1889 S. 97 wurden die Ergebnisse einer vergleichenden Untersuchung mit Kesselblechen aus Schweißeisen, Thomas- und Siemens-Martin-Flußeisen veröffentlicht, welche im Auftrage der Aktiengesellschaft Peiner Walzwerk zu Peine angestellt war und bei welcher die Zugversuche allgemein mit Proben im geglühten und gehärteten Zustande ausgeführt waren. Nur bei den Schweißeisenblechen gelangten gleichzeitig auch Zugversuche mit dem Material im Anlieferungszustande zur Ausführung, weil der Lieferant dieser Bleche ausdrücklich betont hatte, daß die Streifen vor dem Zerreißen nicht mehr geglüht werden dürften. Nachdem der Hörder Bergwerks- und Hüttenverein in Hörde, der Lieferant der Siemens-Martin-Bleche Nr. 5 und 6, von dem Arbeitsplan und den Ergebnissen der Untersuchung durch die genannte Veröffentlichung Kenntniß erhalten hatte, wurden von ihm gleich-

Digitized by Google

falls Zerreißversuche mit dem ungeglühten Material der Hörder Bleche unter folgender Begründung noch nachträglich beantragt. „Wir liefern nämlich unsere Martin-Flußeisenbleche in unausgeglühtem Zustande, da nach unseren Erfahrungen und denen der Kesselfabrikanten, welche unsere Kesselbleche verarbeiten, ein nochmaliges Ausglühen nach dem Walzen überflüssig erscheint; nur in den wenigen Fällen, in denen noch ein nachheriges Ausglühen bestimmt worden ist, liefern wir die Kesselbleche in ausgeglühtem Zustande. Schädliche Spannungen kommen bei Siemens-Martin-Material, welches mit der nöthigen Aufmerksamkeit fabrizirt ist, nicht vor, auch kann dasselbe von vornherein so weich und zähe hergestellt werden, daß ein Ausglühen der Platten zwecklos erscheint." —

Die Versuchsanstalt gab der Aktiengesellschaft Peiner Walzwerk, welcher das Verfügungsrecht über das gesammte Probematerial zustand, von diesem Antrage Kenntniß. Diese genehmigte die Ausführung der Versuche bereitwilligst und beantragte zugleich auch die Prüfung der übrigen vier Flußeisenbleche im Anlieferungszustande. Die Proben zu diesen ergänzenden Versuchen wurden an gleicher Stelle aus den bei der ersten Versuchsreihe erübrigten Abschnitten auf der Hobelmaschine kalt herausgeschnitten, wie die Proben der ersten Reihe mittelst Fraise und Feile auf die Form der Normalflachstäbe gebracht und auf der Werder-Maschine geprüft. Die hierbei gewonnenen Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt und hierin die Werthe für das Schweißeisen im Anlieferungszustande nochmals mit aufgenommen, um die Uebersicht zu erleichtern.

(Vergleiche die Tabelle auf Seite 291.)

Vergleicht man zunächst die für ein und dasselbe Material gefundenen Werthe mit einander, so ergiebt sich, daß sämmtliche Bleche in einem außerordentlich gleichförmigen Zustande zur Anlieferung gelangten. Ganz besonders hervorzuheben ist die Uebereinstimmung der Werthe für die 4 Bleche aus basischem Martin-Flußeisen, zumal diese Bleche von zwei verschiedenen Hüttenwerken geliefert wurden. Ein nennenswerther Unterschied ergiebt sich nur für die Spannung an der Proportionalitätsgrenze, welche bei den Blechen 5 und 6, geliefert vom Hörder Bergwerks- und Hüttenverein um etwa 22 % höher liegt als bei den Blechen 7 und 8 des zweiten nicht namhaft zu machenden Werkes.

Tabelle 2. **Ergebnisse der chemischen Analyse.**

Material	Schweißeisen		Thomas-Flußeisen		Basisches Martin-Flußeisen			
Nr. des Bleches	1	2	3	4	5	6	7	8
Kohlenstoff (chemisch gebd.)	—	0,04	0,08	0,08	0,08	0,08	—	—
Graphit	—	—	—	—	—	—	—	—
Silizium	0,06	0,07	0,01	—	—	0,02	—	—
Phosphor	0,119	0,120	0,079	0,069	0,018	0,019	0,037	0,028
Schwefel	Spuren	—	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07
Mangan	0,17	0,11	0,38	0,32	0,26	0,28	0,22	0,23
Nickel	0,07	0,07	0,24	0,09	0,08	0,10	0,05	0,13
Kupfer	—	0,03	—	0,03	0,11	0,12	—	Spuren

Digitized by Google

Tabelle 1. Ergebnisse der Zugversuche mit dem Material im Anlieferungszustande.

1. Längsstreifen.

Material	Blech Nr.	Probenzeichen Z. Nr.	Proportionalitätsgrenze kg/qmm	Elastizitätsmodul kg/qmm	Streckgrenze kg/qmm	Bruchgrenze kg/qmm	Bruchdehnung bezogen auf je 100 mm / 50 mm von der Bruchstelle % / %	Querschnittsverminderung %	Bemerkungen.
Schweißeisen	1	9	Konnten wegen unregelmäßiger Ablesungen nicht mit Sicherheit ermittelt werden		23,1	36,7	29,9 / 34,9	43,5	Bruchfläche mattgrau, theils hell, theils dunkel, geschichtet, riffig, kurzschuppig. Oberfläche mit Längsnähten und Rissen.
		10			22,9	36,4	27,6 / 34,0	42,6	
	2	9	15,2	20 610	22,4	35,2	25,2 / 30,4	38,7	
		10	15,3	20 594	22,9	35,8	29,0 / 34,8	44,1	
	Mittel		15,3	20 600	22,8	36,0	27,9 / 33,5	42,2	
Thomas-Flußeisen	3	9	28,2	20 200	30,6	41,4	27,4 / 34,3	50,3	Bruchfläche matthellgrau, kurzschuppig, Trichterbildung. 3 Z 9 und 4 Z 9 mit feinen Längsrissen. Oberfläche krispelig.
		10	28,4	20 400	31,3	42,1	26,1 / 32,7	52,8	
	4	9	22,7	20 700	28,9	40,7	27,8 / 34,8	53,0	
		10	24,9	20 900	28,2	40,6	30,5 / 36,7	54,5	
	Mittel		26,1	20 550	29,8	41,2	28,0 / 34,6	52,7	
Basisches Martin-Flußeisen	5	9	15,2	20 400	22,3	35,0	31,7 / 40 0	60,0	Bruchfläche matthellgrau, kurzschuppig, Trichterbildung, bei allen 4 Proben mit feinen Längsrissen. Bei 5 Z 9 u. 5 Z 10 ein etwa 8 mm langer Spalt mit körnigen Einlagerungen. Oberfläche krispelig, 5 Z 10 mit schwacher Längsnaht.
		10	15,5	20 700	22,7	35,3	32,2 / 40,6	58,8	
	6	9	15,0	20 400	21,6	34,8	32,8 / 40,9	53,4	
		10	15,0	20 400	20,2	34,8	33,9 / 42,1	59,8	
	Mittel		15,2	20 475	21,7	35,0	32,7 / 40,9	58,0	
Basisch. Martin-Flußeisen	7	9	11,3	20 500	21,6	34,7	32,8 / 41,8	57,6	Bruchfläche matthellgrau, kurzschuppig, Trichterbildung. 7 Z 10, 8 Z 9 und 8 Z 10 mit feinen Längsrissen. Oberfläche krispelig.
		10	11,1	20 300	19,9	35,3	31.5 / 40,1	53,1	
	8	9	13,4	20 900	19.6	33,9	33,9 / 41,5	57,8	
		10	11,5	21 200	20,2	34,1	32.0 / 40,7	62,4	
	Mittel		11,9	20 700	20,3	34,5	32,6 / 41,0	57,7	

2. Querstreifen.

Schweißeisen	1	11	11,4	20 300	21,3	34,6	15,0 / 16,7	20,1	Bruchfläche mattgrau, theils hell, theils dunkel, geschichtet, riffig, kurzschuppig bis blätterig. Oberfläche mit Längsnähten und Rissen.
		12	11,4	20 300	21,9	35,2	21,8 / 24,4	28,4	
	2	11	Konnten nicht mit Sicherheit ermittelt werden		23,5	36,0	18,1 / 22,0	25,3	
		12	11,5	21 480	24,5	34,5	13,8 / 16,5	25,0	
	Mittel		11,4	20 690	24,8	34,1	17,2 / 19,9	24,7	
Thomas-Flußeisen	3	11	19,0	20 260	29,0	41,9	Bruch außerhalb der Theilung	42,3	Bruchfläche matt, hellgrau, kurzschuppig, Trichterbildung. Beide Proben aus Blech Nr. 3 mit feinen Längsrissen. Oberfläche krispelig, bei 3 Z 11 mit schwachen Längsnähten.
		12	20,8	20 400	29,3	41,6	26,1 / 32,2	47,6	
	4	11	23,1	21 060	27,9	38,9	26,1 / 35,2	53,7	
		12	25,1	20 500	27,9	39,5	25,2 / 34,0	53,2	
	Mittel		22,0	20 555	28,5	40,5	25,8 / 33,8	49,2	
Basisches Martin-Flußeisen	5	11	11,4	20 400	21,7	35,9	26,7 / 37,1	57,5	Bruchfläche matt hellgrau, kurzschuppig, Trichterbildung, bei allen 4 Proben feine Längsrisse; bei 5 Z 11 u. 6 Z 12 mit hellen körnigen Einlagerungen, bei 5 Z 12 mit hellem körnigem Trichtergrund. Oberfläche krispelig; bei 6 Z 12 mit kurzem Querriß.
		12	13,4	20 340	20,1	34,4	28,8 / 37,9	53,5	
	6	11	11,4	20 150	21,8	35,0	Bruch außerhalb der Theilung	60,6	
		12	16,9	20 470	21,7	35,3	29,2 / 38,5	43,9	
	Mittel		13,3	20 340	21,3	35,2	28,2 / 37,7	58,9	
Basisches Martin-Flußeisen	7	11	—	—	23,8	36,9	Bruch außerhalb der Theilung	52,9	Bruchfläche matt, hellgrau, kurzschuppig, Trichterbildung, bei allen 4 Proben feine Längsrisse; Probe 7 Z 12 mit einer schlackigen Stelle. Oberfläche krispelig, bei 7 Z 12 kurze Querrisse u. Streckfiguren.
		12	11,1	20 610	21,3	34,8	28,9 / 36,1	53,2	
	8	11	15,4	20 310	19,7	33,2	29,1 / 38,0	62,3	
		12	15,5	20 470	18,9	32,5	34,0 / 43,6	60,3	
	Mittel		14,0	20 460	20,9	34,4	30,7 / 39,9	57,2	

Digitized by Google

Nach den in Tabelle 2 aufgeführten Ergebnissen aus den Untersuchungen der Königlichen chemisch-technischen Versuchsanstalt ist jedesmal auch die chemische Zusammensetzung der beiden von demselben Hüttenwerk gelieferten Bleche eine gut übereinstimmende. Weniger gleichartig als nach den Festigkeitsuntersuchungen erscheinen dagegen die vier Siemens-Martin-Bleche 5, 6, 7 und 8 untereinander. Während nämlich die Bleche 5 und 6 beide 0,08 % an chemisch gebundenem Kohlenstoff und nur 0,018 bezw. 0,019 % Phosphor enthalten, wurden die Bleche 7 und 8 als frei von Kohlenstoff befunden bei einem Phosphorgehalt von 0,037 % und 0,028 %. Eine wesentlich bessere Uebereinstimmung in der chemischen Zusammensetzung besteht zwischen den Siemens-Martin-Blechen 5 und 6 und den Thomas-Blechen 3 und 4. Nur der Phosphorgehalt ist bei den letzteren höher; er beträgt bis zu 0,079 % gegenüber 0,019 % bei dem basischen Martin-Flußeisen.

Aus einem Vergleich der Mittelwerthe von Tabelle 1 ergeben sich die höchsten Festigkeitswerthe für das Thomasflußeisen. Besonders erheblich ist der Unterschied für die Belastung an der Proportionalitätsgrenze. Er beträgt hier dem Martin-Flußeisen gegenüber für die Längsproben 11—14 kg/qmm oder 72—119 % und für die Querproben 8—9 kg/qmm = 57—65 %, dem Schweißeisen gegenüber in beiden Richtungen etwa 11 kg/qmm oder 70 % für die Längsproben und 93 % für die Querproben. Die Bruchspannung, welche bei dem Schweißeisen und basischen Martin-Flußeisen bis auf etwa 1 kg/qmm gleich gefunden wurde, liegt bei dem Thomas-Flußeisen um etwa 5—6 kg gleich etwa 16 % höher als bei diesen. Die Bruchdehnung ist beim Thomas-Flußeisen und Schweißeisen annähernd gleich, bei dem basischen Martin-Flußeisen um 4—6 % größer.

(Vergleiche die Tabelle auf Seite 298.)

Der Einfluß des Glühens und Härtens auf die beim Zugversuch hervortretenden Festigkeitseigenschaften ist in Tabelle 3 zur Anschauung gebracht durch die Verhältnißzahlen für den geglühten und gehärteten Zustand zu dem der Anlieferung, welcher mit Rücksicht auf die Eingangs mitgetheilten Erfahrungen des Hörder Bergwerks- und Hüttenvereines als der normale angesehen wurde. Die Verhältnißzahlen wurden für jedes Blech gesondert angegeben und dann erst zu Mittelwerthen zusammengezogen, um an den Einzelwerthen zugleich darthun zu können, ob die Gleichartigkeit des Materials der Bleche gleichen Ursprunges, wie sie im Anlieferungszustande gefunden wurde, auch bei der weiteren Behandlung hervortritt.

Wie man erkennt, ist dies für den geglühten Zustand bezüglich der Bruchfestigkeit fast ausnahmslos der Fall; Unterschiede zeigen sich in erheblichem Betrage für die Streckgrenze bei dem basischen Martin-Flußeisen und in geringerem Grade bei den Werthen für die Bruchdehnung und Querschnittsverminderung. Im gehärteten Zustande treten größere Unterschiede hervor. Eine Beeinflussung durch etwaige zufällige Unregelmäßigkeiten in der Behandlung beim Härten erscheint ausgeschlossen, da die Unterschiede in gleichem Sinne bei den Längs- und Querstreifen auftreten.

Aus dem Vergleich der Mittelwerthe erkennt man, daß die Bruchfestigkeit durch das Glühen bei allen vier Blechsorten in außerordentlich übereinstimmender Weise verändert wurde, und zwar ist sie bei den Längsstreifen um 7 %, bei den Querstreifen um 5 % heruntergedrückt. Die Bruchdehnung ist entsprechend größer geworden aber weniger übereinstimmend.

Digitized by Google

Tabelle 8.

Einfluß des Glühens und Härtens auf die Festigkeitseigenschaften.

„Verhältnißzahlen bezogen auf die Werthe für den Anlieferungszustand, diese gleich 100 gesetzt."

Material	Zustand	Blech Nr.	Längsstreifen					Querstreifen				
			Streckgrenze	Bruchgrenze	Bruchdehnung bezogen auf je 100 mm; 50 mm von der Bruchstelle		Querschnittsverminderung	Streckgrenze	Bruchgrenze	Bruchdehnung bezogen auf je 100 mm; 50 mm von der Bruchstelle		Querschnittsverminderung
			kg/qmm	kg/qmm	%	%	%	kg/qmm	kg/qmm	%	%	%
Schweißeisen	geglüht	1	91	89	93	97	91	95	93	112	113	116
		2	92	96	110	110	109	89	96	137	133	123
		Mittel	**92**	**93**	**102**	**104**	**100**	**94**	**95**	**125**	**123**	**120**
	gehärtet	1	117	113	50	63	72	125	117	53	67	82
		2	160	157	48	54	78	144	147	58	59	66
		Mittel	**139**	**135**	**49**	**59**	**75**	**135**	**132**	**56**	**63**	**74**
Thomas-Flußeisen	geglüht	3	85	91	107	113	109	92	95	115	111	112
		4	81	94	104	105	104	86	96	120	92	87
		Mittel	**83**	**93**	**106**	**109**	**107**	**89**	**96**	**118**	**102**	**100**
	gehärtet	3	119	134	56	59	62	147	154	43	46	44
		4	134	161	49	54	63	154	166	51	48	53
		Mittel	**127**	**148**	**53**	**57**	**63**	**151**	**160**	**47**	**47**	**49**
Basisches Martin-Flußeisen	geglüht	5	76	89	119	123	113	59	93	126	118	114
		6	87	92	113	114	120	86	94	107	105	107
		Mittel	**82**	**91**	**116**	**119**	**117**	**73**	**94**	**117**	**112**	**111**
	gehärtet	5	156	164	51	48	65	197	173	43	39	39
		6	190	177	44	45	57	178	170	45	45	48
		Mittel	**173**	**171**	**48**	**47**	**61**	**188**	**172**	**44**	**42**	**44**
Basisches Martin-Flußeisen	geglüht	7	90	91	107	106	116	89	91	118	118	112
		8	62	94	98	104	106	102	98	103	101	94
		Mittel	**76**	**93**	**103**	**105**	**111**	**96**	**95**	**111**	**110**	**103**
	gehärtet	7	193	174	45	45	60	192	165	44	49	57
		8	128	170	41	44	55	177	160	44	49	61
		Mittel	**161**	**172**	**43**	**45**	**58**	**185**	**163**	**44**	**49**	**59**

Der Einfluß des Härtens[1]) zeigt sich nach dem Zugversuch am erheblichsten bei dem basischen Martin-Flußeisen in einer Festigkeitszunahme um 71 % und in einer Abnahme der Bruchdehnung um etwa 55 %. Beim Thomas-Flußeisen betragen diese Werthe 54 % und 45 %, beim Schweißeisen aber nur etwa 34 % und 45 %. Der Einfluß des Härtens ist also beim Schweißeisen am geringsten.

Aus den Bruchflächenerscheinungen, welche für die Zugproben auf Tafel VII nach der daselbst näher beschriebenen Anordnung zusammengestellt sind, ergiebt sich, daß alle drei Flußeisensorten nach beiden Walzrichtungen sowohl im Anlieferungszustande als

[1]) Bezüglich der Einzelwerthe aus den nachbesprochenen Härteversuchen, sowie aus den Biege- und Lochproben wird auf die Tabellen in der früheren Veröffentlichung verwiesen.

Digitized by Google

auch nach dem Ausglühen eine stark ausgeprägte Trichterbildung zeigen. Das Gefüge ist bei mattgrauer Farbe durchweg kurzschuppig, auf den Trichterrändern dicht, im Trichtergrunde dagegen mehr oder weniger rissig in Folge aufgesprungener Blasen. Besonders deutlich treten diese Risse in Fig. 5 für die geglühten Längsstreifen aus Thomas-Flußeisen hervor. Sie sind indessen auch bei den anderen Blechen zu beobachten, wenn auch in geringerer Länge. Am schwächsten treten sie bei den basischen Martin-Blechen 5 und 6 auf.

Nach dem Härten zeigen die Bruchflächen ein wesentlich anderes Aussehen. Freilich tritt auch bei den gehärteten Proben, mit Ausnahme einiger vollkommen gerader Brüche, die Neigung zur Trichterbildung in den stellenweise schräge verlaufenden Bruchflächen noch hervor, doch ist bei Weitem der größere Theil der Fläche gerade. Die schrägen Flächen haben auch hier das matt kurzschuppige Gefüge bewährt. Die geraden Theile zeigen dagegen ein feines krystallinisch glänzendes Korn.

Beim Schweißeisen sind Unterschiede zwischen den Bruchflächen der gehärteten und geglühten Proben, abgesehen von der durch das Härten verminderten Querschnittsverminderung, auf den Abbildungen nicht zu erkennen. In Wirklichkeit zeigen sie sich in geringem Maße darin, daß das in der Hauptsache matte, theils hell, theils dunkel geschichtete, blätterige Gefüge durch körnige, glänzende Stellen unterbrochen ist.

Nach den Ergebnissen der Lochproben stehen die Schweißeisenbleche dem Flußeisen an Zähigkeit nach und zwar in allen vier untersuchten Zuständen, d. h. geglüht, gehärtet, rothwarm, und nach dem Hämmern bis zur Blauwärme. Die Flußeisenbleche unterscheiden sich wenig; nur die Querstreifen aus den Thomas-Flußeisenblechen bleiben in dem geglühten und gehärteten Zustande hinter den anderen an Zähigkeit um weniges zurück. Auffallend ist ferner die mangelhafte Zähigkeit bei dem Längsstreifen aus Blech 8 und bei dem Querstreifen aus Blech 7 bei der Lochprobe im rothwarmen Zustande. Während nämlich alle übrigen Flußeisenproben sich nach beiden Richtungen bis auf einen Lochdurchmesser von etwa 89 mm aufweiten ließen, ertrugen die beiden genannten Streifen aus basischem Martin-Flußeisen nur ein Aufdornen bis 44,4 und 54,8 mm lichten Durchmesser. Ganz allgemein zeigen die Lochproben, daß das Hämmern bis zur Blauwärme die Zähigkeit bei allen Blechen annähernd in demselben Grade schädlich beeinflußte, wie das Abschrecken in Wasser.

Die Biegeproben lieferten naturgemäß für die Flußeisenproben günstigere Werthe als für die Schweißeisenproben. Im ausgeglühten und rothwarmen Zustande ließen sich die ersteren ausnahmslos ohne erhebliche Anbrüche vollständig zusammendrücken. Im blauwarmen Zustande zusammengedrückt zeigten dagegen die Proben aus Thomas-Flußeisen auf der Innen-(Druck-)seite mit 2 Ausnahmen Risse, während bei den Proben aus basischem Martin-Flußeisen diese Rißbildung nur vereinzelt auftrat. Auch der Einfluß des Härtens trat für die letzteren beim Biegeversuch weniger hervor als bei den Proben aus Thomas-Flußeisen. Es steht dies Ergebniß im unmittelbaren Gegensatz zu dem oben besprochenen Ergebniß der Zugversuche mit gehärteten Proben, der um so mehr hervortritt, als auch die Bruchdehnung beim basischen Martinflußeisen durch das Härten mehr beinträchtigt wurde, als beim Thomas-Flußeisen. Die Beibringung einer Erklärung für diesen Umstand bleibt einer besonderen Untersuchung vorbehalten.

Digitized by Google

Tabelle 4.

Gegenüberstellung der ermittelten Versuchsergebnisse und der gebräuchlichen Lieferungsbedingungen.

Material		Blech Nr.	Zugfestigkeit ungeglüht längs kg/qmm	Zugfestigkeit ungeglüht quer kg/qmm	Zugfestigkeit geglüht längs kg/qmm	Zugfestigkeit geglüht quer kg/qmm	Dehnung auf 200 mm ungeglüht längs %	Dehnung auf 200 mm ungeglüht quer %	Dehnung auf 200 mm geglüht längs %	Dehnung auf 200 mm geglüht quer %	Biegungswinkel in Graden geglüht längs	geglüht quer	warm längs	warm quer	gehärtet längs	gehärtet quer
Schweiß-eisen	Bedingung	—	—		36	34	—		18	12	100	80	180		—	
	ermittelt	1 u. 2	36,0	34,1	33,3	33,1	27,9	17,2	28,3	20,8	105	157	180	180	104	135
Fluß-Eisen	Bedingung	—	—		34 bis 40		—		25		180		flach		180	
Thomas-basisches Martin-	ermittelt	3 u. 4	41,2	40,5	38,1	38,7	28,0	25,8	29,6	30,4	180	180	180	180	166	150
	„	5 u. 6	35,0	35,2	31,7	32,7	32,7	28,2	37,4	33,1	180	180	180	180	175	166
	„	7 u. 8	34,5	34,4	31,9	32,8	32,6	30,7	33,8	33,3	180	180	180	180	163	174

In Tabelle 4 ist weiter eine Gegenüberstellung der erhaltenen Versuchsergebnisse und der gebräuchlichen Vorschriften[1]) für die Lieferung von Feuerblechen gegeben. Wenn nun diese Vorschriften auch ausdrücklich besagen, daß die Festigkeitsversuche mit ausgeglühten Proben anzustellen sind, so wurden in der Zusammenstellung doch die für den ungeglühten Zustand erhobenen Werthe gleichfalls mit aufgeführt, um den oben mitgetheilten Angaben des Hörder Bergwerks- und Hüttenvereines über das Glühen des von ihm gelieferten Materials Rechnung zu tragen. Ferner möge nicht unerwähnt bleiben, daß die in Rücksicht gezogenen Lieferungsbedingungen sich in Wirklichkeit nicht auf Thomas-Flußeisen erstrecken, daß vielmehr die Verwendung dieses Materials zum Bau von Dampfkesseln ausgeschlossen ist. Da nun aber diese Besprechung dazu bestimmt ist, aus den vorliegenden Versuchsergebnissen darzuthun, ob etwa das Thomas-Flußeisen geeignet erscheint, als Feuerblech mit dem basischen Martin-Flußeisen in den Wettbewerb zu treten, so dürfte es zur Erledigung dieser Frage immerhin von Werth sein, beim Vergleich der Versuchsergebnisse mit den Lieferungsbedingungen auch das Thomas-Flußeisen mit in Betracht zu ziehen.

Aus dem Vergleich der Versuchswerthe für die Zugfestigkeit und Dehnung im geglühten Zustande (Spalten 5, 6, 9 u. 10 Tabelle 4) mit den entsprechenden Werthen der Vorschriften ergiebt sich, daß sowohl das untersuchte Schweißeisen als auch beide Lieferungen Martin-Flußeisen die für Feuerbleche geforderte Zugfestigkeit nicht erreichten. Der Fehlbetrag beläuft sich beim Schweißeisen für die Längsproben auf 7,5 %, für die Querproben auf 2,5 % und beim Martin-Flußeisen unter Zugrundelegung des unteren Grenzwerthes von 34 kg/qmm auf etwa 6,5 % und 3,5 %. Die Bruchdehnung übertrifft bei beiden Materialien die gestellten Anforderungen und zwar beim Schweißeisen um 57 % und 73 % und beim Martin-Flußeisen bis zu 50 %, meist aber um 35 %.

[1]) Vorschriften für Lieferungen von Eisen und Stahl, aufgestellt vom Verein deutscher Eisenhüttenleute. Düsseldorf 1889; und Grundsätze für die Prüfung der Materialien zum Bau von Dampfkesseln, aufgestellt vom internationalen Verbande der Dampfkesselüberwachungsvereine zu Stuttgart Juni 1890. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1890 S. 955.

[2]) Vergleiche „Stahl und Eisen" 1890 S. 526.

Digitized by Google

Zieht man ferner noch die von den Dampfkesselüberwachungsvereinen für die Zulässigkeit des Materiales aufgestellten „Qualitätsziffern" in Betracht, welche aus der Summirung der Bruchspannung und der Bruchdehnung sich ergeben, so genügt auch dieser Bedingung nur das Schweißeisen in der Querrichtung, falls die in den Bedingungen vorgesehene Beschränkung aufrecht erhalten wird, daß jeder Werth der Festigkeit oder der Dehnung nur um die Zahl 1 kleiner sein darf als der betreffende Normalwerth.

Beim geglühten Thomas-Flußeisen liegt die ermittelte Bruchfestigkeit dagegen innerhalb der für Flußeisen vorgeschriebenen Festigkeitsgrenzen. Zugleich übertrifft aber die Bruchdehnung auch bei diesem Material die gestellte Forderung um etwa 20%.

Zieht man die ungeglühten Proben in Betracht, welche ja nach den Angaben der Lieferanten für das Schweißeisen und für die basischen Martin-Flußeisenbleche 5 und 6 den normalen Zustand darstellen, so entspricht die Zugfestigkeit des Schweißeisens und der beiden Martin-Flußeisenlieferungen den Vorschriften, wenn auch die Bleche 7 und 8 die untere Grenze nahezu erreichen. Beim Thomas-Flußeisen liegt die Zugfestigkeit um 0,5 bis 1,2 kg zu hoch. Es dürfte jedoch hierbei zu berücksichtigen sein, daß von dem Lieferanten dieser Bleche ein Ausglühen der Proben vor dem Versuch besonders vorgesehen war und daß dementsprechend auch die Behandlung des Materiales beim Auswalzen der Bleche dürfte eingerichtet worden sein. Man wird daher für das untersuchte Thomas-Flußeisen den Zustand nach dem Ausglühen als den normalen anzusehen haben.

Die Bruchdehnung übertrifft auch im nicht geglühten Zustande die vorgeschriebenen Bedingungen bei allen Materialien; ebenso der Werth für die „Qualitätsziffer".

Die Ergebnisse der Biegeproben weisen das untersuchte Schweißeisen sowohl im geglühten als auch im rothwarmen Zustande als den Vorschriften entsprechend nach. Dasselbe gilt von den drei Flußeisenlieferungen; dagegen bestanden diese durchweg die vorgeschriebene Härteprobe nicht. Am wenigsten günstig fiel die Härteprobe für das Thomas-Flußeisen aus, bei dem von 8 Proben nur eine den geforderten Biegungswinkel von 180° erreichte, während bei dem basischen Martin-Flußeisen nur einzelne Proben vorher Risse zeigten.

Faßt man die vorstehend einzeln besprochenen Ergebnisse zusammen, so gelangt man bezüglich des untersuchten Materiales zu folgenden Schlüssen:

1. Die untersuchten Martin-Flußeisenbleche besitzen trotz des abweichenden Gehaltes an chemisch gebundenem Kohlenstoff und an Phosphor nach dem Zugversuch im geglühten und Anlieferungszustande gleiche Festigkeitseigenschaften, während der Einfluß des Härtens bei dem kohlenstoffreicheren Material mehr hervortritt. Nach den Loch- und Biegeproben erscheint das Material mit dem höheren Kohlenstoff- und geringeren Phosphorgehalt als das zähere.

2. Das Thomas-Flußeisen zeigt bei annähernd derselben chemischen Zusammensetzung wie das kohlenstoffreichere Martin-Flußeisen im geglühten und im Anlieferungszustande eine höhere Festigkeit bei geringerer Dehnbarkeit. Nach dem Härten ist die Zugfestigkeit und Dehnung bei allen Flußeisenblechen die gleiche, und demnach

3. der Einfluß des Härtens bei dem Thomas-Flußeisen nach den Ergebnissen des Zugversuches am geringsten. Nach den Lochproben erscheint er für alle Flußeisenbleche gleich groß; dagegen tritt er bei den Biegeproben für das Thomas-Flußeisen mehr

Digitized by Google

hervor als für das Martin-Flußeisen. Das Schweißeisen wird durch das Härten in noch geringerem Maße beeinflußt wie das Thomas-Flußeisen.

4. Das Hämmern im blauwarmen Zustande wirkt nach dem Ergebniß der Lochproben bei allen drei Eisensorten schädlich auf die Zähigkeit des Materiales. Nach der Biegeprobe ist das Thomas-Flußeisen am empfindlichsten gegen die Bearbeitung im blauwarmen Zustande.

5. Die Verwendbarkeit des Thomas-Flußeisens von den Eigenschaften des untersuchten Materiales als Feuerbleche dürfte nach den vorliegenden Untersuchungen nicht ausgeschlossen sein. Die dem Schweißeisen und basischen Martin-Flußeisen gegenüber hochgelegene Elasticitätsgrenze und größere Bruchfestigkeit des Thomas-Flußeisens würden bei Verarbeitung des letzteren eine Ersparung an Material gestatten. Allerdings bedingt die größere Empfindlichkeit gegen Blauwärme eine erhöhte Sorgfalt während der Verarbeitung.

Vorausgesetzt ist bei dieser Schlußfolgerung, daß dem Thomas-Flußeisen nicht etwa vorwiegend anderweitige mangelhafte Eigenschaften anhaften, welche seine Verarbeitung zu Feuerblechen gefahrbringend gestalten, bei den angewendeten und im vorstehenden besprochenen Untersuchungsverfahren aber nicht zu Tage treten.

Wie nun eingangs der früheren Veröffentlichung mitgetheilt ist, wurde von Seiten des Hüttenwerkes, welches die Bleche 7 nnd 8 geliefert hatte, die Namhaftmachung nicht gewünscht, da es die angestellten Versuche zur Beurtheilung des Materiales für die in Frage stehenden Zwecke nicht als maßgebend erachtete. Ganz besonders wurde dies bezüglich der Zugproben hervorgehoben, weil durch diese, wie es in dem betreffenden Schreiben heißt, „die üblen Eigenschaften des Thomas-Materiales, welche bei der Weiterverarbeitung und bei späterem Gebrauche auftreten, nicht zum Ausdruck kommen.“ In dem weiteren Schriftwechsel gab das in Rede stehende Werk an, daß man nach den dortseits gemachten Erfahrungen gegenwärtig noch nicht im Stande sein dürfte, durch Versuche die mangelhaften Eigenschaften der Bleche aus Thomas-Flußeisen nachzuweisen, indem Fälle bekannt geworden seien, in welchem Bleche aus diesem Material in jeder Beziehung die vorzüglichsten Proben ergaben und dennoch bei der Weiterverarbeitung bezw. im Gebrauch Risse und Sprünge zeigten. Bei dem basischen Siemens-Martin-Material sei dies nicht der Fall, worauf dessen hauptsächlichste und vorzüglichste Eigenschaft denjenigen des Thomas-Flußeisen gegenüber beruhe. Hiernach erschien es geboten, die Prüfungen weiter auszudehnen, und zwar diejenigen Prüfungsverfahren anzuwenden, welche anderen Ortes als bewährt befunden und zum Theil sogar als Ausschlag gebend bei der Beurtheilung der Verwendbarkeit des Thomas-Flußeisen bezeichnet wurden.

Eine eingehende Durchsicht der einschlägigen Literatur ergab, daß neben dem Zugversuch ganz allgemein die Kalt- und Warmbiegeprobe und vor allem die Härteprobe und Ausbreitprobe zur Beurtheilung des Flußeisens in Anwendung stehen, wie solche bereits bei der ersten Versuchsreihe zur Ausführung gelangten.

Ferner finden sich besonders bei den älteren umfangreicheren Untersuchungen mit Schweiß- und Flußeisen Fallproben nach den mannigfachsten Verfahren[1]) mit heran-

[1]) Stahl und Eisen. 1882. S. 137.

Digitized by Google

gezogen. Auch neuerdings tritt Mehrtens[1]) wieder dafür ein, daß „Schlagproben mit ganzen Gebrauchsstücken" bei der Prüfung von Thomas-Flußeisen zur Ausführung gelangen. Bei der in Rede stehenden Untersuchung mußte indessen von diesen Proben Abstand genommen werden, weil das verfügbare Material hierzu nicht hinreichte. Ein gleiches gilt von der Durchbiegungsprobe, bei der Blechscheiben von 320 mm Durchmesser mit Hülfe eines sphärisch abgerundeten Druckstempels in eine Bohrung von 200 mm Durchmesser hineingedrückt werden. Die Unterlassung beider Proben schien aber um so gerechtfertigter, als nach den Ergebnissen umfassender in Schweden angestellter Versuche,[2]) die bei beiden Proben maßgebenden Größen der Durchbiegung vor Eintritt der Brucherscheinungen, sich wie die beim Zugversuch ermittelten Bruchdehnungen verhalten.

Von Bedeutung wurden dagegen die Biegeproben mit eingekerbten Stücken und zwar sowohl im warmen als auch im kalten Zustande erachtet und daher beide mit allen Flußeisenblechen zur Ausführung gebracht. Bevor jedoch die gewonnenen Ergebnisse aufgeführt werden, möge das Wesen dieser Versuchsarten nach den in den benutzten Quellen gegebenen Gesichtspunkten, sowie die stattgehabte Versuchsausführung hier näher erörtert werden.

Die Warmbruchprobe.

Die Warmbruchprobe soll nach Kerpely[3]) dazu dienen, das Material in dem gleichen „erregten" molekularen Zustand einer Prüfung zu unterziehen, in dem es sich unter den Spannungen während seiner Inanspruchnahme im Bauwerk befindet, sowie diesen Zustand im Bruchaussehen darzuthun.

Bei Anwendung dieser Probe ging Kerpely von der Anschauung aus, daß die gewöhnliche Bruchprobe nach dem mehr oder weniger feinkörnigen, dichten Gefüge des Bruches recht wohl einen Schluß auf die Homogenität des Stahles im „Ruhezustande" (nicht erwärmt und unbelastet) zulasse, daß dieser Schluß aber nicht immer für den „erregten Zustand" zutreffend sei, d. h. für denjenigen Zustand der molekularen Veränderung, in welchen das Material besonders durch eine merkliche Wärmezunahme übergeführt wurde, sei es in Folge von Kraftäußerung, sei es durch Erwärmung von außen. Daß dieser Zustand bei der Betriebsinanspruchnahme eintrete, sei hinreichend bekannt aus der Umwandlung von sehnigem Eisen in körniges unter der Einwirkung wiederholter Erschütterungen und Stöße.

Daß ich diese Anschauung von dem Entstehen eines körnigen Gefüges aus dem sehnigen nicht theile, habe ich bereits an anderer Stelle ausgesprochen und näher erörtert.[4]) Hier möge kurz wiederholt sein, daß ich mich bezüglich der Entstehung des körnigen Bruchaussehens an Stelle des sehnigen der Ansicht Sorbys anschließe, nach

---

[1]) Ueber deutsches Thomas-Flußeisen und seine Verwendung zu Baukonstruktionen. Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen. 1890. S. 101.

[2]) Versuche mit Platten aus Flußmetall und aus Schweißeisen. — Nach Jernkontorets annaler 1881. S. 3 in Stahl und Eisen. 1882. S. 137.

[3]) Unterscheidungsmerkmale des Stahles. Berg- und Hüttenmänn. Ztg. 1878. S. 405.

[4]) Conners Untersuchungen über den Einfluß der Arbeitsgeschwindigkeit auf die Zerreißungsfestigkeit und Bruchdehnung von ausgeglühtem Kupferdraht und der Fließvorgang beim Zugversuch. Zeitschrift d. Ver. deutsch. Ingenieure. 1889 S. 773.

Digitized by Google

welcher dieses veränderte Bruchaussehen lediglich durch den Verlauf des Bruches herbeigeführt wird, mit einer Gefügeänderung jedoch nicht gleichbedeutend ist. Wie Sorby nämlich durch mikroskopische Untersuchungen geätzter Längsschnitte von Stäben, die beim Dauerbiegeversuch gebrochen waren, dargethan hat,[1]) tritt der Bruch beanspruchter Stäbe allmählich in der Weise ein, daß die in Folge der Bearbeitung mit inneren Spannungen behafteten Partikeln sich nach und nach in ihren Berührungsflächen von einander trennen. Diese Trennung erfolgt selbst im Innern des Stabes und nicht allein in dem bei der Biegung meist beanspruchten Querschnitt, sondern auch auf eine ziemliche Entfernung zu beiden Seiten von diesem. Daß nun durch eine Aneinanderreihung der kleinen nach und nach entstehenden inneren Risse irgend ein Querschnitt soweit geschwächt wird, daß er die von ihm aufzunehmende Spannung schließlich nicht mehr zu ertragen vermag und zerbricht, ist leicht erklärlich und befindet sich mit der auch von Kerpely ausgesprochenen Anschauungen in Uebereinstimmung, nach welcher beim Dauerversuch dem Bruch eine allmähliche Herabminderung der Festigkeit voraufgeht. Der Bruch aber wird, weil eine Dehnung über die Streckgrenze hinaus, d. h. ein Fließen des Materiales nicht eingetreten ist, ausschließlich längs der Berührungsflächen der einzelnen Partikeln verlaufen und durch das Zutagetreten dieser kleinen Trennungsflächen ein krystallinisches oder körniges Aussehen zeigen.

Trifft nun aber dieser Bruchverlauf auch bei der nicht gewaltsamen Zerstörung der Glieder eines Bauwerkes im Betriebe zu, so muß es von hohem Werthe sein, ein Prüfungsverfahren zu besitzen, mit dessen Hülfe an dem zu untersuchenden Material ermittelt werden kann, in welchem Grade es zu der Bildung der vorerwähnten, den Bruch herbeiführenden inneren Risse neigt. — Kerpely sagt nun von seiner Warmprobe: „es hat keine Schwierigkeit, Eisen oder Stahl in ein und demselben erregten Zustande durch eine einfache praktische Probe näher zu untersuchen und aus dem Erfolge auf die Homogenität — oder vielmehr Kontinuität — und auf das Verhalten des Materiales die nöthigen Schlüsse zu ziehen.“ Gerade daß die Warmprobe den Zustand der Kontinuität des Materiales nachzuweisen im Stande sei, dessen Störung im vorstehenden ja als Ursache des Bruches, also auch der mangelhaften Widerstandsfähigkeit des Materiales bezeichnet wurde, veranlaßte mich, die in Rede stehende vergleichende Untersuchung auf diese Probe auszudehnen.

Die Versuchsausführung geschah nach dem von Kerpely angewendeten Verfahren wie folgt:

Die Probestäbe von 40 und 60 mm Breite und 150 mm Länge wurden in der Mitte auf der einen Breitseite sämmtlich von demselben Arbeiter mit einem scharfen Meißel auf etwa 2 mm Tiefe eingekerbt, auf einem offenen Holzkohlenfeuer vorgewärmt und dann in ein Bleibad, welches in einem Gießlöffel auf diesem Kohlenfeuer in schwach erhitztem Zustande erhalten wurde, hineingestellt und zwar immer je 4 beliebig herausgegriffene Proben gleichzeitig. In dem Bade verblieben, die Proben bis sie den vorgeschriebenen Wärmegrad erreicht hatten und wurden dann möglichst in gleicher Weise zum Bruch gebracht. Der richtige Wärmegrad wurde daran erkannt, daß eine mit der Flachfeile schnell blankgefeilte Stelle der aus dem Bade herausgenommenen

[1]) Das Kleingefüge von Eisen und Stahl nach den Untersuchungen von Sorby. Glasers Annalen 1887 S. 128.

Digitized by Google

Probe, die anfänglich die gelbe oder rothe Anlauffarbe zeigte, allmählich blaugefleckt, licht- und dann dunkelblau wurde und diese Farbe einige Zeit beibehielt. Erschien keine Anlauffarbe oder verschwand die blaue Anlauffarbe wieder, so wurde der Stab als zu heiß erachtet und abkühlen lassen. Trat dagegen nicht die blaue, sondern die bronzefarbene oder purpurrothe Anlauffarbe auf und zwar für kurze Zeit unverändert, so galt die Probe für zu kalt und wurde nochmals in das Bleibad zurückgestellt.

Der Bruch wurde möglichst schnell herbeigeführt, indem die Probe mit der eingekerbten Seite nach unten schräg gegen den Einsatzstock eines Schmiedeamboßes gestellt, ein Setzhammer über die Einkerbung gesetzt wurde und auf diesen einige kräftige Schläge mit einem Schmiedehammer gegeben wurden.

Mit jedem Flußeisenblech gelangten 4 Versuche zur Ausführung und zwar 2 mit Längsstreifen, gezeichnet B 27 und 28, und 2 mit Querstreifen, gezeichnet B 29 und 30.

Nach dem Erkalten wurden die Bruchstücke durch einander geworfen und dann nach dem Bruchaussehen in verschiedene Gruppen eingeordnet. Auf das Zeichen der Proben wurde hierbei keine Rücksicht genommen, um nicht durch das Erkennen des Materialursprunges bei der Beurtheilung des Aussehens beeinflußt zu sein. Es ergaben sich 6 Gruppen mit den folgenden besonders hervortretenden Eigenschaften:

Gruppe A: Kurzschuppig, eben, gleichmäßig mattblau, mit einzelnen kleinen Blasen (Längsrisse) und im Reflex helleren Streifen, die senkrecht zur Richtung des Walzendruckes verliefen; auf der Druckseite ein schmaler muschliger, zum Theil umgebogener Streifen.

Gruppe B: Wie bei Gruppe A der muschlige Streifen auf der Druckseite weit abgeblättert.

Gruppe C: Kurzschuppig, riefenartig uneben, geschichtet, gleichmäßig mattblau; auf der Druckseite ein schmaler muschliger Streifen wie bei Gruppe A.

Gruppe D: Wie bei Gruppe C mit Blasen und helleren Einlagerungen im Grunde der Riefen.

Gruppe E: Kurzschuppig bis blätterig, riefenartig uneben geschichtet, mit vielen Blasen und langen Rissen senkrecht zur Richtung des Walzendruckes.

Gruppe F: Wie bei Gruppe E mit schmutzigen, körnigen Einlagerungen.

Auf Tafel VIII sind die photographischen Aufnahmen immer je einer Bruchfläche jeder Probe gruppenweise wiedergegeben. Die Proben sind in den sechs Gruppen von unten nach oben zählend in der folgenden Reihenfolge angeordnet[1])

Gruppe A: III 28 — IV 27 — III 27 — IV 28 — III 29 — IV 30 — III 30 und IV 29.

Gruppe B: VIII 27 und VIII 28.

Gruppe C: VI 27 und VIII 30.

Gruppe D: VII 28 — VI 28 — V 27 — V 28 — VIII 29 — VII 30 — VI 29 und VI 30.

Gruppe E: V 29 — V 30 und VII 29.

Gruppe F: VII 27.

[1]) Die Bleche sind in dieser Zusammenstellung der besseren Uebersichtlichkeit wegen mit römischen Zahlen bezeichnet.

Digitized by Google

Eine Bestimmung des Biegungswinkels beim Bruch hat nicht stattgefunden. Es möge jedoch nicht unerwähnt bleiben, daß die Proben aus den Thomas-Flußeisenblechen eine merklich geringere Biegung ertrugen als die Proben aus den basischen Martin-Flußeisenblechen. Die Abbildungen lassen diesen Unterschied daran erkennen, daß die Ränder auf der Rückseite der Proben bei dem letztgenannten Material (Gruppe B—F) weiter umgebogen sind.

Aus der Durchsicht der auf die einzelnen Gruppen entfallenen Blechnummern ergiebt sich zunächst, daß die Proben aus den Thomas-Flußeisenblechen sämmtlich zur Gruppe A gehören, während diejenigen aus den basischen Martin-Flußeisenblechen sich ohne ausgesprochene Gesetzmäßigkeit auf die übrigen fünf Gruppen vertheilen. Hiernach liefert also die Blaubruchprobe ein scharfes Unterscheidungsmerkmal für die beiden Flußeisensorten von der Beschaffenheit der untersuchten Bleche, welches sich besonders darin äußert, daß die Thomas-Proben einen ebenen, die basischen Martin-Proben dagegen einen stark und unregelmäßig gefurchten Bruch zeigen, welcher dem Material ein geschichtetes Aussehen giebt. Ferner sind die Risse senkrecht zu der Richtung des Walzendruckes, welche als aufgesprungene Blasen anzusehen sein dürften, bei dem basischen Martin-Flußeisen weit zahlreicher als bei dem Thomas-Flußeisen. Auch zeigt das letztere nicht die schmutzigen körnigen Einlagerungen, wenngleich die zur Gruppe A erwähnten im Reflex helleren Streifen nach ihrem Aussehen unter dem Mikroskop wohl ebenfals auf eine Ansammlung fremder Bestandtheile zurückzuführen sind. — Kerpely sagt nun über die Beurtheilung des Materiales nach der Blaubruchprobe, daß als Zeichen guter Qualität anzusehen seien eine möglichst geringe Aenderung des Kornes der Kaltbruchprobe gegenüber, ebener Bruch, wenig verminderter Grad der Homogenität und eine kaum bemerkbare Abnahme der Kontinuität; dagegen sei ein blätteriger, grobfaseriger, tiefgefurchter und schmiedeeisenartiger Bruch das Zeichen eines hohen Grades der Erregung und einer Lockerung der Moleküle. — Dementsprechend würde sowohl der ebene Bruch, als auch das gleichmäßigere dichtere Gefüge bei den Proben aus Thomas-Flußeisen für dieses eine Ueberlegenheit in der Qualität gegenüber dem basischen Martin-Flußeisen mit einem gefurchten schmiedeeisenartigen Bruch darthun. Mir scheint indessen die Beurtheilung des Materiales bei der Blaubruchprobe nach dem Bruchaussehen allein nicht ganz einwandfrei. Beachtet man nämlich die Spannungszustände beim Biegen der eingekerbten Probe, so zeigt sich, daß es der Hauptsache nach Zugspannungen sind, welche in der äußersten gezogenen Fahrschicht herrschen und nach Erschöpfung des Streckvermögens dieser Schicht den Bruch einleiten. Sobald die Probe aber vor ihrem weiteren Einreißen eine Biegung erleidet, so entstehen nun zwischen den einzelnen bereits zerrissenen Schichten nicht nur Schubspannungen, sondern auch zu diesen senkrecht gerichtete Zugspannungen, indem die Biegungselasticität, welche dem gerissenen Theil innewohnt, bestrebt ist, ihn wieder gerade zu richten. Sehr deutlich pflegen z. B. diese Spannungszustände beim Biegen einer Weidenruthe zu Tage zu treten. Die Ruthe bricht nur ein und zwar so tief, bis die durch Biegungselasticität erregten sekundären Zugspannungen unterstützt durch die Schubspannungen die Querfestigkeit des Materiales überwinden. Es erfolgt nun ein Aufspalten der Ruthe der Länge nach, wobei die abgespaltenen Bruchenden sich wieder gerade stellen.

Digitized by Google

Die Richtung dieser sekundären Zugspannungen längs der Bruchlinie der einzelnen Schichten wird immer die Senkrechte zu der in der Bruchlinie an die Schicht gelegten Tangentialebene sein, so daß die mittlere Spannungsrichtung wohl durch die Neigung der Bruchfläche gegeben ist. Fig. 1 stellt diesen Spannungszustand für die meist beanspruchte Schicht dar und zwar bezeichnen die Linien P die zur Biegungslinie tangential gerichteten Zugspannungen, Z die sekundären Zugspannungen. Ihnen beiden entsprechen die Resultanten R, deren Richtung erkennen läßt, daß die Spannungen bei der eingekerbten Biegeprobe bestrebt sind, die einzelnen Schichten von einander abzuheben. Ist nun das Material mit Blasen durchsetzt, so wird in diesen eine Trennung der Schichten stattfinden. Ist das Material dagegen dicht, so wird, gleiche Durchbiegungen vorausgesetzt, der Bruchverlauf unter der Einwirkung der Kraftresultanten davon abhängen, ob der geringste Zusammenhalt zwischen den einzelnen Massentheilchen in der Richtung der Einkerbung liegt, oder von dieser mehr oder weniger abweicht. Im ersteren Falle liefert die Probe auch bei starker Durchbiegung einen ebenen, andernfalls aber einen schrägen oder welligen und gefurchten Bruch.

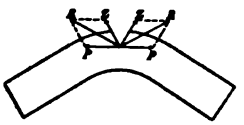


Fig. 1.

Ob nun die besonders in Fig. 2 und 3, Taf. VIII auftretende Erscheinung der zunehmenden Rißbildung nach der Mitte zu und über diese hinaus darauf zurückzuführen ist, daß der Bruch hier bei gesteigerter Durchbiegung erfolgt ist, oder daß an dieser Stelle eine stärkere Anhäufung der Blasen bei Herstellung der Bleche statt hatte, lasse ich dahingestellt. Jedenfalls geht aber aus Fig. 1 ohne weiteres hervor, daß die Spannungen Z, welche einen unregelmäßigen Bruch begünstigen, mit wachsender Durchbiegung der Probe zunehmen.

Dieser Umstand scheint mir, wie gesagt, bei Beurtheilung des Materiales nach der Blaubruchprobe wohl beachtenswerth, da man anders ein Material, welches nur geringe Biegung erträgt, seines dichteren Bruches wegen leicht fälschlich günstiger beurtheilen kann, als ein stark zu biegendes, dann aber rissig erscheinendes Material. Es sollte daher die Blaubruchprobe stets als Parallelversuch zur Einkerbprobe im kalten Zustande angestellt werden, um, wie Kerpely selbst empfiehlt, den Grad der Erregbarkeit des Materiales aus einem Vergleich der beiden Bruchflächen abzuleiten.

Vergleicht man zu diesem Zweck die Bruchflächen Fig. 1 Tafel VIII mit den Bruchflächen in Fig. 2 und 3 aus den nachstehend besprochenen Kaltbiegeproben mit Einkerbung, deren Gruppirung auf Seite 305 angegeben ist, so zeigt sich, daß die Thomas-Flußeisenbleche im Bruch die geringste Veränderung durch die Blauhitze erlitten haben. Nur die Risse oder aufgesprungenen Blasen sind sowohl an Größe als an Zahl geringer geworden, was wohl als ein Beweis für den oben besprochenen Einfluß der zunehmenden Durchbiegung auf die Bruchercheinungen angesehen werden kann, da nicht anzunehmen ist, daß beide Bleche zufällig gerade in demjenigen Theil am dichtesten waren, aus dem die Blaubruchproben entnommen wurden. Die Martin-Flußeisenbleche zeigen zwar auch bei der Kaltbiegeprobe schon einen weniger regelmäßigen Bruchverlauf als die Proben aus den Thomas-Blechen, doch bei weitem nicht die ausgeprägt gefurchte Fläche wie bei der Blaubruchprobe. Der Einfluß der Blauhitze ist hier unverkennbar. Es scheint demnach, als ob das basische Martin-Flußeisen einen höheren „Grad der Erregbarkeit" besitzt oder mehr zur „Lockerung der Moleküle" neigt als das Thomas-Flußeisen.

Digitized by Google

Die Kaltbiegeprobe mit Einkerbung.

Die Kaltbiegeprobe mit auf der Zugseite eingekerbten Stücken fand ich zuerst von P. Tunner erwähnt, welcher sie zum Nachweis eines wesentlichen Unterschiedes zwischen Schweißeisen und Flußeisen anwendet.[1]) Tunner sagt, weil beim Reißen von der Einkerbung aus die jeweilig oberste Schicht durch das angrenzende Material an der Dehnung verhindert sei, so setze sich der Bruch von Schicht zu Schicht fort. Da nun das Schweißeisen aus einzelnen Lagen bestehe, welche durch Schlacken- und Oxydeinlagerungen getrennt sind, so erfolge meist eine Trennung längs einer dieser Einlagerungen. Die darunter gelegene Schicht könne sich dann frei dehnen und käme daher nicht zum Einreißen, so daß der Stab ohne vollständigen Bruch weiter gebogen werden könne. Beim Flußeisen fehle die Schichtenbildung, der Bruch müsse daher vollständig durchgehen. Im Uebrigen sei der Einfluß des Einkerbens den Folgen des Stanzens und Scheerens gleich zu erachten. Die Einkerbprobe müßte also die Widerstandsfähigkeit des Materials gegen die Bearbeitung erkennen lassen.

Carl Stöckl[2]) legt der Biegeprobe mit verletzter (eingekerbter) Oberfläche einen ganz besonderen Werth bei, wenn es sich um die Untersuchung von Flußeisenblechen auf ihre Zuverlässigkeit handelt. Er begründet ihren Werth damit, daß bei einem nach den Ergebnissen des Zugversuches dehnbaren Material durch einen plötzlichen Bruch der eingekerbten Probe die Ungleichmäßigkeit in der Zusammensetzung des Gefüges zu Tage trete. Es sei anzunehmen, daß bei dieser Biegeprobe diejenige Dehnungsfähigkeit des Materiales in Frage komme, welche sich beim Zugversuch an der Bruchstelle äußere, und zwar werde bei der eingekerbten Probe die Verbiegung solange fortgesetzt werden können, bis diese größte Dehnungsfähigkeit von dem Material am Grunde der Kerbe erreicht sei. Hartes Material gebe sich durch sprungweises, von lautem Knacken begleitetes Durchbrechen zu erkennen, während bei zähem Eisen der Bruch sich allmählich vertiefe. Der Bruch zeige im ersteren Falle ein körniges, im letzteren ein kurzsehniges Gefüge. Dem Material mit kurzsehnigem Gefüge gebühre der Vorzug; immerhin sei aber auch der Biegungswinkel in Betracht zu ziehen, bei dem das plötzliche Brechen eintrete. Auch seien die Abkühlungsverhältnisse während der Herstellung des Materiales nicht ohne Einfluß auf das Ergebniß. Bleche, die beim Biegeversuch im rohen Zustande sich als spröde erwiesen, hätten nach dem Glühen ein wesentlich milderes Verhalten gezeigt.

Die nachstehend besprochenen Versuche wurden mit kalt abgeschnittenen Streifen von 40 und 60 mm Breite ausgeführt, welche sämmtlich ebenso wie die oben genannten Blaubruchproben von demselben Arbeiter abgeschnitten und mittelst eines breiten Meißels mit einem etwa 2 mm tiefen, scharfen Einhieb versehen waren. Von jedem Blech und nach beiden Walzrichtungen wurden 2 Streifen entnommen, von denen der eine im Anlieferungszustande und der zweite nach voraufgegangenem Ausglühen der Biegeprobe unterzogen wurde. Das Einkerben erfolgte bei den geglühten Stücken vor dem Glühen. Zum Glühen wurden die Stücke in einem offenen Holzkohlen-Schmiedefeuer bis zur Rothgluth erhitzt und dann bis zum vollständigen Erkalten in Kohlenlösche gelegt.

[1]) Zur Verwendung des Flußeisens für Kessel- und Schiffsbleche. Zeitschrift d. Verb. d. Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereine 1886 S. 21.

[2]) Flußeisen für Brücken in Oesterreich. Stahl und Eisen. 1890, Seite 20—26.

Digitized by Google

Die Versuche wurden durch den Assistenten Ingenieur Kunze in beliebiger Reihenfolge ausgeführt, ohne daß der Versuchsausführende den Ursprung der einzelnen Proben und deren Zusammengehörigkeit kannte. Die Streifen wurden zunächst auf einer Schraubenpresse unter einem Bolzen von 20 mm Durchmesser bis auf etwa 50—60° vorgebogen und dann durch einen Druck auf die Endflächen bis zum Bruch weiter zusammengedrückt. Nach dem ersten Knacken, welches nach den oben gegebenen Erörterungen einen plötzlich fortschreitenden Bruch andeutet, wurde der Probestreifen aus der Presse herausgenommen, der erreichte Biegungswinkel festgestellt und dann erst der Versuch bis zum vollständigen Bruch fortgeführt.

Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengestellt, geordnet nach dem Zustand des Materiales und den laufenden Nummern der Bleche.

Zu der Ermittelungsweise der einzelnen Werthe der Tabelle sei noch folgendes bemerkt:

(Vergleiche die Tabelle auf Seite 305.)

Der Biegungswinkel für die gebrochenen Streifen wurde gemessen, indem die Bruchflächen derart gegen einander gestellt waren, daß die körnigen, hellglänzenden und ebenen Flächentheile auf der Druckseite der Proben (s. die nachstehenden Bruchbeschreibungen) möglichst genau auf einander lagen. Bei den längs aufgerissenen Proben gelten die angegebenen Biegungswinkel und Krümmungshalbmesser für den nach dem Aufreißen weiter gebogenen inneren Theil. Die Beschreibung des Bruchaussehens erfolgte auch hier wie bei den Warmbruchproben ohne Rücksicht auf das Zeichen der Proben. Es ergaben sich elf Gruppen verschiedener Art. Ihre Merkmale sind nachstehend zusammengestellt, in der Tabelle ist aber zu jeder Probe nur das Gruppenzeichen aufgeführt, um eine bessere Uebersichtlichkeit zu erzielen.

Gruppe G: Feinkörnig dicht: auf der Druckseite hellglänzend, allmählich ins Matte übergehend; auf der Zugseite ein schmaler, matter, kurzschuppiger Streifen mit hellen Pünktchen.

Gruppe H: Auf der Druckseite grobkörnig, hellglänzend und dicht; nach der Zugseite hin allmählich in kurzschuppiges mattes Gefüge mit vereinzelten Bläschen und hellen Pünktchen übergehend.

Gruppe I: Auf der Druckseite grobkörnig, hellglänzend und dicht: nach der Zugseite kurzschuppig und matt mit zahlreichen größeren Blasen.

Gruppe K: Auf der Druckseite feinkörnig; sonst wie bei Gruppe J.

Gruppe L: Auf der Druckseite scharf abgegrenzt feinkörnig, hellglänzend und dicht; auf der Zugseite kurzschuppig, matt mit vereinzelten Bläschen.

Gruppe M: Wie bei Gruppe L mit zahlreichen größeren Blasen.

Gruppe N: Wie bei Gruppe M mit hellen Pünktchen im matten Theil.

Gruppe O: Wie bei Gruppe N, jedoch blasenfrei.

Gruppe P: Wie bei Gruppe L mit hellen Pünktchen im matten Theil.

Gruppe Q: Feinkörnig hellglänzend dicht mit zwei kurzschuppigen matten Streifen und einem längeren Spalt.

Gruppe R: Bis zur Hälfte angebrochen, dann der Länge nach aufgerissen; der gebrochene Theil matt mit Blasen; die abgespaltene Fläche schuppig glänzend.

Es möge hierzu nicht unerwähnt bleiben, daß die oben angegebenen Merkmale so scharf hervortraten, daß in allen Fällen die zusammengehörigen Bruchhälften auch

Digitized by Google

Material	Blech-Nummer	Längs-Streifen (Breite = 40 mm): Zeichen der Probe	Biegungswinkel: beim ersten Ruck	Biegungswinkel: beim Bruch	Halbmesser der inneren Krümmung mm	Breite des übrigen Streifens mm	Gruppenzeichen für das Bruchaussehen	Bemerkungen über den Verlauf des Versuches	Quer-Streifen (a. 40 mm und b. 60 mm breit): Zeichen der Probe	Biegungswinkel: beim ersten Ruck	Biegungswinkel: beim Bruch	Halbmesser der inneren Krümmung mm	Breite des übrigen Streifens mm	Gruppenzeichen für das Bruchaussehen	Bemerkungen über den Verlauf des Versuches
a. Im Anlieferungszustande.															
Thomas-Fluß-Eisen	3	19	49	52	11	5	N	Der Bruch erfolgte nach zweimaligem Knacken.	21	38	38	16	7	O	Bei 39° fast ganz durchgebrochen. Der vollständige Bruch erfolgte fast ohne Widerstand unter beständigem Knistern.
		20	55	66	11	6	N	Der Bruch erfolgte beim zweiten Knacken; die Stücke hingen noch zusammen, ließen sich aber leicht trennen.	22	40	69	5	3—4	N	Der Bruch erfolgte unter beständigem Knistern.
	4	19	33	65	10	3—4	N	Der Bruch erfolgte unter wiederholtem Knacken.	21	57	87	5	5	N	Der Bruch erfolgte unter wiederholem Knacken.
		20	34	68	11	4—5	N	desgl.	22	49	115	3	3	N	Bei 109° zweites Knacken. Der Bruch erfolgte unter beständigem Knistern.
Basisches-Martin-Fluß-Eisen	5	19	—	⊃	3	—	R	–	21	163	⊃	5	—	R	–
		20	—	⊃	3	—	R	–	22	nicht bestimmt	⊃	5	—	R	–
	6	19	—	⊃	3	—	R	–	21	desgl.	⊃	5	—	R	–
		20	—	⊃	4	—	R	–	22	—	⊃	5	—	R	–
	7	19	105	116	9	5—6	N	–	21	89	115	6	6—7	N	Einmaliges Knacken und hierauf Bruch unter Knistern.
		20	106	115	11	5	N	Der Bruch erfolgte unter beständigem Knistern.	22	100	105	6,5	5—6	N	Der Bruch erfolgte mit einem Ruck.
	8	19	109	117	6	5	N	–	21	—	⊃	4	—	R	–
		20	69	120	5,5	4	N	Einmaliges Knacken, hierauf Bruch unter Knistern.	22	162	162	4	5—6	N	Einmaliges Knacken und hierauf Bruch fast ohne Widerstand.
b. Im ausgeglühten Zustande.															
Thomas-Fluß-Eisen	3	23	28	55	8	3—4	N	Bei 28° scharfes Knacken. Bruch nach wiederholtem Knistern mit einem Ruck.	25	—	58	12	4	P	Nach plötzlich verringertem Biegungswiderstande allmählicher Bruch.
		24	47	62	8	—	Q	Bei 47° Einreißen der schmalen Seitenflächen. Der Bruch erfolgte unter beständigem Knistern.	26	31	47	6	3—4	N	Der Bruch erfolgte unter beständigem Knistern.
	4	23	53	53	8	5	O	Bei 48° plötzlich verringerter Biegungswiderstand. Nach dem ersten Ruck Trennung fast ohne Widerstand.	25	—	42	6	4—5	N	Bei 42° plötzlich verringerter Biegungswiderstand. Der Bruch erfolgte hierauf unter beständigem Knistern.
		24	42	42	—	8—9	G	Plötzlicher Bruch unter Knacken.	26	42	57	21	6—7	K	Der Bruch erfolgte plötzlich.
Basisches-Martin-Fluß-Eisen	5	23	157	157	5	7—8	M	Plötzlicher Bruch bei einmaligem Knacken.	25	41	87	6	4—5	I	Bei 55° zweites Knacken, hierauf erfolgte der Bruch unter Knistern.
		24	126	147	5	6—7	M	Bei 126° Längsriß auf der einen Schmalseite, verlängert sich bei weiterem Biegen.	26	—	82	10	6	I	Bei 82° Einreißen der Schmalseiten, dann ruhige Trennung der Flächen.
	6	23	—	⊃	2	—	R	Bei 137° verringerter Biegungswiderstand, Beginn des Aufreißens in der Längsrichtung.	25	142	142	6	6—7	M	Bei 130° tiefer Einbruch. Der Bruch erfolgte unter beständigem Knacken und Knistern.
		24	137	146	5	7	L	Bei 137° verringerter Biegungswiderstand. Der Bruch erfolgte unter scharfem, hellem Knacken.	26	155	155	8	6—7	L	Einreißen der Schmalseiten und Bruch unter Knistern.
	7	23	76	76	6	5—6	H	Nach verringertem Biegungswiderstand erfolgte der Bruch unter Knistern.	25	—	72	7	5	I	Der Bruch erfolgte nach verringertem Biegungswiderstand unter beständigem Knistern.
		24	70	70	5	6	H	Plötzlich verringerter Biegungswiderstand. Der Bruch erfolgte unter wiederholtem Knacken.	26	—	102	7	6	I	Der Bruch erfolgte nach verringertem Biegungswiderstand unter beständigem Knistern.
	8	23	68	68	6	4—5	H	Plötzlich verringerter Biegungswiderstand bei tiefem Einbruch. Allmählicher Bruch ohne weitere Verbiegung der Schenkel.	25	—	70	6	5—6	H	Nach verringertem Biegungswiderstand erfolgte der Bruch unter beständigem Knistern.
		24	—	74	7	5	H	Bei 74° Einreißen ohne Knacken. Erleichterter Biegungswiderstand und allmählicher Bruch fast ohne Widerstand.	26	—	72	7	5—6	H	desgl.

Digitized by Google

denselben Gruppen zugetheilt wurden, ohne daß das Probenzeichen, wie schon oben hervorgehoben wurde, hierbei angesehen wurde.

Fig. 2.

M	O	P	Q
V. 24 V. 23 VI. 25	III. 21 IV. 23	III. 25	III. 24
	VIII. 24 VII. 24 VII. 23 VIII. 23 VIII. 26	V. 26 VII. 26 VII. 25	VI. 24
IV. 24	VIII. 25	V. 25	IV. 26 VI. 26
G	H	I	K L

Fig. 3.

R				
V. 19 V. 20	V. 21 V. 22	VI. 19 VI. 20	VI. 22 VI. 23	VIII. 21 VI. 21
III. 19 III. 20 III. 22 III. 23 III. 26	IV. 19 IV. 20 IV. 21 IV. 22 IV. 25	VII. 19 VII. 20 VII. 21 VII. 22	VIII. 22 VIII. 20 VIII. 19	
N				

Fig. 2 und 3, Tafel VIII, enthalten die photographischen Aufnahmen der Bruchflächen nach ihrer Zugehörigkeit zu den einzelnen Gruppen und in der durch nebenstehende Fig. 2 und 3 veranschaulichten Reihenfolge zusammengestellt.

Ganz allgemein zeigen die Bruchflächen auf der Zugseite ein ausgesprochen kurzschuppiges Gefüge, welches nach der Druckseite hin entweder allmählich oder scharf abgegrenzt in mehr oder weniger feines Korn übergeht. Der körnige Theil ist durchweg dicht, der schuppige dagegen nur bei wenigen Proben; meistens zeigt er und zwar besonders in der Mitte und nach der Druckseite zu kleine aufgesprungene Blasen oder längere Risse senkrecht zur Richtung des Walzendruckes, die gleichfalls auf langgestreckte aber nicht verschweißte Blasen zurückzuführen sein dürften. Die vorliegenden Versuche liefern somit zunächst eine gute Bestätigung der Beobachtung Stöckls, daß die in Rede stehende Biegeprobe zur Erkennung unganzer Stellen im Material besonders geeignet ist.

Beachtet man die Zeichen der den einzelnen Gruppen zugefallenen Proben mit gleichem Bruchaussehen, so zeigt sich, daß auch die Kaltbruchprobe mit Einkerbung die Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Bleche in dem Bruchaussehen zum Ausdruck bringt, wenn auch weniger scharf als die Blaubruchprobe. So finden sich vor Allem die Proben aus den basischen Martin-Flußeisenblechen 7 und 8 mit nur drei Ausnahmen sämmtlich in den Gruppen H und N vor, die sich von einander nur darin unterscheiden, daß der Uebergang zum körnigen Theil bei Gruppe H ein allmählicher, bei der Gruppe N dagegen ein schroffer ist. Ebenso gehören die Proben aus den basischen Martin-Flußeisenblechen 5 und 6 in ihrer größeren Mehrzahl zu der Gruppe R mit solchen Stücken, die in Folge Längsaufspaltung überhaupt nicht vollständig zum Bruch kamen, im gebrochenen Theil aber ein durchweg schuppiges Gefüge zeigen. Am wenigsten übereinstimmend ergiebt sich das Bruchaussehen für die Proben aus den beiden Thomas-Flußeisenblechen 3 und 4. Immerhin unterscheiden sie sich aber von den Proben der übrigen Bleche dadurch, daß sie für sich meist besondere Gruppen ausmachen.

Wie Stöckl angiebt, soll gutes Material sich bei allmählich eintretendem Bruch in einem sehnigen (schuppigen) Gefüge zu erkennen geben. Hiernach dürften die zur Gruppe R (Fig. 3 Taf. VIII) gehörigen Proben der basischen Martin-Flußeisenbleche 5 und 6 von allen die besten Ergebnisse geliefert haben, welche besonders für die

Digitized by Google

Prüfung im Anlieferungszustand auch darin eine gute Bestätigung finden, daß die Trennung der Bruchflächen mit nachweislich nur einer Ausnahme ohne Rucken oder Knacken, d. h. ganz allmählich erfolgte. Die basischen Martin-Flußeisenbleche 7 und 8 zeigen entweder (Gruppe N) einen größtentheils schuppigen Bruch mit schmalem körnigen Rand auf der Druckseite oder einen allmählichen Uebergang vom schuppigen zum körnigen Bruch. (Gruppe H.) Die vollständige Trennung der Bruchflächen erfolgte bei diesen Proben nach dem ersten Knacken bei plötzlich verringertem Biegungswiderstand unter mehr oder weniger vernehmbarem Geräusch. Das am wenigsten regelmäßige Bruchaussehen lieferten, wie schon oben erwähnt ist, und wie besonders die Probe der Gruppe Q zeigt, die Bleche aus dem Thomas-Flußeisen. Im Durchschnitt dürfte es demjenigen der letztgenannten Bleche am nächsten kommen, jedoch zeigten die schmalen Streifen auf der Druckseite ein feineres Korn, auch erfolgte der Bruch unter häufigerem Knacken.

Nach dem beim Bruch erreichten Biegungswinkel geordnet folgen die drei Blechlieferungen gleichfalls in der eben besprochenen Reihenfolge auf einander, und zwar ist der Biegungswinkel bei den Thomas-Flußeisenblechen bei weitem der kleinste.

Bezüglich der Dichtigkeit nehmen dagegen die untersuchten Thomas-Flußeisenbleche die erste Stelle ein. Die Risse treten für sie in erheblichem Grade nur bei den zur Gruppe N gehörenden Stücken hervor. Die Bleche 7 und 8 stehen ihnen am nächsten, während die Bleche 5 und 6 ganz besonders zur Rißbildung neigen. So sind die Proben der Gruppe R fast der ganzen Breite nach wie Schweißeisen aufgespalten, hierdurch verliert der bei Besprechung des Bruchgefüges und des Biegungswinkels hervorgehobene Vorzug nicht unwesentlich an Werth, indem nicht ausgeschlossen ist, daß der zusammenhängend gebliebene Theil ohne Abspaltungen gleichfalls mit körnigem Gefüge und zwar bei geringerem Biegungswinkel zum Bruch gegangen sein würde.

Auffallend ist der schädliche Einfluß des Glühens auf die Zähigkeit des Materials, während Stöckl beobachtete, „daß anfangs spröde Sorten nach dem Glühen ein wesentlich milderes Verhalten zeigten“. Besonders stark tritt dieser schädliche Einfluß bei den basischen Martin-Flußeisenblechen hervor. Der Biegungswinkel beim Bruch ging z. B. bei den Blechen 7 und 8 für die Längsstreifen von 117° auf 72° und für die Querstreifen von 127° auf etwa 80° zurück. Parallel mit der Abnahme des Biegungswinkels geht die Veränderung im Aussehen des Bruches, und zwar vollständig im Sinne des oben besprochenen Einflusses vermehrter Durchbiegung auf das Hervortreten unganzer Stellen. So zeigen die im Anlieferungszustande gebrochenen Stücke obengenannter Bleche im scharf abgegrenzten schuppigen Theil zahlreiche größere Blasen, die geglühten Stücke mit geringerem Biegungswinkel dagegen nur vereinzelte Bläschen bei allmählichem Uebergang vom schuppigen zum körnigen Gefüge.

Faßt man die Ergebnisse der Biegeproben mit eingekerbten Stücken im blauwarmen und kalten Zustande zusammen, so führen sie zu dem Schluß, daß sie einen ausgeprägten Vorzug eines der Bleche in Folge hervorragender Güteeigenschaften nicht erkennen lassen. Das Thomas-Flußeisen erscheint zwar in dem geringeren Biegungswinkel gegen die Einflüsse der Verletzung an der Oberfläche empfindlicher als die basischen Martin-Flußeisenbleche, dafür aber dichter und im erregten Zustande widerstandsfähiger als diese.

Digitized by Google

3. Ueber ein kautschukhaltiges Mineralöl.

Vom Abtheilungsvorsteher Dr. Holde.

Um Mineralölen eine dickflüssigere Beschaffenheit und größere Schlüpfrigkeit zu verleihen, werden sie bekanntlich zuweilen mit Kautschuck versetzt.[1]) Der Fall einer derartigen Verunreinigung lag kürzlich vor.

Die verdächtige Probe zeigte im Reagensglase im durchfallenden Lichte bräunlich gelbe, im auffallenden Lichte grünblaue Färbung, war getrübt, durchscheinend und besaß nur schwachen Geruch und Geschmack nach Mineralöl; sie war fast breiig dickflüssig und dabei stark klebrig und fadenziehend. Die letztere Eigenschaft besonders war so stark hervortretend, daß man bereits hiernach mit ziemlicher Bestimmtheit die Gegenwart von Kautschuck annehmen konnte.

Die Flüssigkeitsgradbestimmung des Oeles im Englerschen Apparat konnte wegen der eigenthümlichen Beschaffenheit des Oeles und der schwer zu entfernenden trübenden Theilchen nicht genau ausgeführt werden und ergab die folgenden angenäherten Werthe:

Wärmegrad C°	Flüssigkeitsgrad, bezogen auf Rüböl von 20 C° (Rüböl zu Wasser = 15 : 1)
20	7,8
40	1,5
60	0,7
80	0,3
110	0,1
150	0,1

Das auf 100 C° erhitzte Oel erscheint bei diesem Wärmegrade nicht mehr fadenziehend und klebrig, gewinnt jedoch diese Eigenschaft in anscheinend vollem Maße beim Erkalten wieder; der Flüssigkeitsgrad des erkalteten Oeles beträgt bei 20 C° etwa 5,2.

Das auf 150 C° erhitzte Oel erscheint beim Abkühlen nicht mehr fadenziehend und klebrig. Der Flüssigkeitsgrad des erkalteten Oeles beträgt bei 20 C° etwa 3,1, wird also durch das starke Erhitzen des Oeles bedeutend erniedrigt.

Das spezifische Gewicht des unerhitzten Oeles betrug 0,904 bei 15,6 C°. Der Flammpunkt lag bei 178 C° (bestimmt im Penskyschen Apparat[2]), der Zündpunkt bei 228 C°. Der auf der Oelprobirmaschine[3]) ausgeführte Reibungsversuch ergab folgende Werthe:

(Vergleiche die Tabelle auf Seite 309.)

Obwohl die Maschine unter den günstigsten Verhältnissen, d. h. mit vollkommenster Schmierung durch Tauchbad, arbeitet, sind die Reibungskoeffizienten derartig groß, und das Ansteigen der Wärme in den Lagerschalen erfolgt so schnell, daß die Unzulänglichkeit des Oeles zum Schmieren erwiesen ist. Bemerkt sei noch, daß das Oel während des Ganges der Maschine sich in Folge der Centrifugalkraft öfter weit vom Zapfen entfernte, ohne jedoch, wie es anderes Oel gethan haben würde, weggeschleudert zu werden; es schnellte vielmehr in Folge seiner Elastizität wie Gummi immer wieder in das Tauchbad zurück.

Das Ergebniß der chemischen Untersuchung war folgendes:

1. Säuregehalt = 0,01 %, berechnet als Schwefelsäureanhydrid.

---

[1]) Großmann, Die Schmiermittel und Lagermetalle, Wiesbaden, Kreidels Verlag. 1885 S. 161. Colemann, Engl. Patent vom 13. Dezember 1870. Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 1871 S. 812. Polytechn. Centralbl. 1873, S. 1585.

[2]) „Mittheilungen" 1889 S. 64.

[3]) desgl. 1889, Ergänzungsheft V S. 12.

Digitized by Google

Druck auf die Schmierschicht in kg/qcm; p =	10			25			40		
Umfangsgeschwindigkeit in m/sec; v =	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0
Wärmegrad der Lagerschalen in C°; tm =	22,3	23,5	31,0	22,8	26,8	36,0	23,4	30,7	38,0
Wärmeüberschuß der Lagerschalen über Zimmerwärme in C° . tm — t =	— 1,0	— 1,5	5,8	— 0,7	1,8	10,8	— 0,3	5,7	12,8
Reibungskoeffizient . . . . . μ =	0,02548	0,03311	0,02671	0,01436	0,02242	0,01505	0,01291	0,01717	0,01131
Mittlere Verhältnißzahl bezogen auf Rüböl = 100 für obige Drucke und Geschwindigkeiten[1]	235								

Bei v = 0,5 m/sec und p = 25 kg/qcm
„ v = 1,0 „ „ p = 10 „
„ v = 2,0 „ „ p = 25 „
} wurde das Pendel so unruhig, daß die oben angeführten Reibungskoeffizienten nur angenähert bestimmt werden konnten; die Wärme stieg so schnell, daß sie nicht gehörig geregelt werden konnte.

Bereits bei v = 0,5 m/sec und p = 80 kg/qcm
„ v = 1,0 „ „ p = 53 „
„ v = 2,0 „ „ p = 53 „
} wird die Schmierung unvollkommen.

2. Verhalten gegen Natriumhydrat: Nicht verseifbar; fettes Oel ist nicht zugegen.
3. Verhalten gegen Schwefelsäure vom spez. Gew. 1,624: Die Säure wird schmutzig weiß gefärbt; Harzöl ist nicht vorhanden.
4. Löslichkeit:
   a) Beim Schütteln des Oeles mit absol. Alkohol (25 ccm Oel auf 50 ccm Alkohol) im graduirten Cylinder werden etwa 2 Volumenprozent gelöst.
   b) In Benzin und in Aether ist das Oel bis auf geringe pulvrige Bestandtheile löslich.
   c) Beim Behandeln mit einem Gemisch von Aether und Alkohol (etwa 4 Theile Aether auf 3 Theile Alkohol) scheidet das Oel eine anfänglich schleimige Masse aus, die sich alsbald fester zusammenballt und nach dem Abgießen der alkoholisch-ätherischen Lösung einen völlig elastischen kautschukartigen Klumpen von brauner Farbe darstellt.

Es gelingt demnach, die in dem Oel enthaltenen Kautschuckmasse durch Zusatz von Alkohol zu der ätherischen Lösung völlig zu fällen. Eine auf diese Weise durch Filtriren, Auswaschen der abgeschiedenen Masse und Trocknen an der Luft ausgeführte Bestimmung, ergab die Gegenwart von 2 % dieser Masse, deren Kautschucknatur sich auch darin erwies, daß sie beim Verbrennen den bekannten Geruch nach angebranntem Kautschuck zeigte. Es sei beiläufig bemerkt, daß Colemann[2]) zur Erzielung dickflüssiger Schmieröle den Mineralölen 1—2 % Kautschuck hinzufügt.

Beim Versetzen des von 150° wieder abgekühlten Oeles mit Alkohol und Aether (3 : 4) scheidet sich in der trüben Lösung im Gegensatz zu dem nicht erwärmten Oel die Kautschucksubstanz nicht sofort als Bodensatz ab; beim schwachen Erwärmen aber fallen deutliche braune Flocken der Kautschucksubstanz nieder.

Versetzt man das von 150° abgekühlte Oel mit Aetheralkohol (1 : 1), so sind in der trüben Flüssigkeit beim Erwärmen nur geringe dunkle Abscheidungen zu beobachten,

[1]) „Mittheilungen" 1889, Ergänzungsheft V S. 19.
[2]) loc. cit.

Digitized by Google

während das ursprüngliche Oel in gleicher Weise behandelt einen deutlichen Bodensatz von Kautschuksubstanz zeigt. Es sind hiernach mit der Kautschuckmasse durch Erhitzen merkliche Veränderungen bezüglich ihres Verhaltens zu Aetheralkohol vor sich gegangen.

Natürlich war es von Interesse zu erfahren, in welchem Maße das von Kautschuck möglichst befreite Oel andere Eigenschaften zeigte. Von der alkoholisch-ätherischen Lösung wurden deshalb, nach völliger Entfernung der ausgeschiedenen Kautschuckmasse durch Filtration, der Alkohol und Aether abdestillirt. Der Rückstand bestand aus einem schön fluoreszirenden, gelben, leichtflüssigen Mineralöl von schwachem Geruch, welches nicht mehr fadenziehend oder klebrig war.

Die Bestimmung des Flüssigkeitsgrades nach Engler bei 20 C° ergab auf Rüböl von 20 C° bezogen, den Werth 1,41 (Rüböl zu Wasser = 15 : 1). Bei —12 C° zeigte das Oel noch flüssigen Zustand und völlig klare Durchsicht.

Eine nochmalige mit diesem Oel ausgeführte Verseifungsprobe ergab wiederum die Abwesenheit von fettem Oel, so daß ein etwaiger Irrthum in der Beobachtung der Seifenbildung als Folge der Gegenwart des Kautschucks ausgeschlossen war. Im Uebrigen ergab die chemische Prüfung der ursprünglichen Probe noch die Abwesenheit von Fichtenharz, so daß das Oel demnach nur als ein Gemisch von wahrscheinlich russischem Mineralöl mit Kautschuksubstanz zu betrachten ist. Für die russische Herkunft des Mineralöls sprechen seine äußeren Eigenschaften und das günstige Kälteverhalten der Probe.

Der unter denselben Bedingungen mit dem kautschuckfreien Oel wie oben ausgeführte Reibungsversuch lieferte die folgenden Ergebnisse:

Druck auf die Schmierschicht in kg/qcm; p =	10			25			40		
Umfangsgeschwindigkeit in m/sec; v =	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0
Wärmegrad der Lagerschalen in C°; tm =	22,3	23,5	31,0	22,8	26,8	34,5	23,4	33,0	38,0
Wärmeüberschuß der Lagerschalen über Zimmerwärme . . . . tm − t =	1,3	1,3	8,0	1,8	4,5	11,5	2,4	10,6	15,0
Reibungskoeffizient . . . . . μ =	0,01145	0,01404	0,01679	0,00648	0,00978	0,00917	0,00565	0,00691	0,00745
Mittlere Verhältnißzahl bezogen auf Rüböl = 100 für alle Drucke und Geschwindigkeiten	113								

Bei v = 0,5 m/sec und p = 53 kg/qcm wird das Pendel unruhig.
„ v = 0,5 „ „ p = 93 „ „ „ „ wieder ruhiger.
„ v = 0,5 „ „ p = 145 „ „ „ „ „ unruhig.
„ v = 1,0 „ „ p = 83 „ „ „ „ unruhig.
„ v = 1,0 „ „ p = 119 „ „ „ „ wieder ruhig und bleibt bis zu Ende des Versuchs ruhig.
„ v = 2,0 „ „ p = 145 „ bleibt das Pendel noch ruhig.

Die Schmierung bleibt vollkommen bei

v = 0,5 m/sec
v = 1,0 „
v = 2,0 „
} und p = 145 kg/qcm.

Man ersieht aus vorstehenden Ergebnissen, in wie hohem Grade sich das kautschuckfreie Oel günstiger verhält als die eingelieferte Probe. Die Reibungskoeffizienten für die einzelnen Drucke sind gegenüber dem letzteren Oel um etwa die Hälfte zurückgegangen, und dementsprechend hat sich der Reibungswerth durch die Entfernung des Kautschucks sehr demjenigen des Rüböles genähert.

Digitized by Google

4. Ueber die Löslichkeit der Mineralöle in Benzin.

Vom Assistenten Dr. Bender.

Es ist bereits mehrfach beobachtet worden, daß dunkle, vorwiegend deutsche Mineralöle einige Zeit nach dem Lösen in Benzin[1]) einen Bodensatz bilden, obwohl sie anfangs klar löslich erschienen; es war erwünscht, über die Natur dieses Bodensatzes Beobachtungsmaterial zu sammeln.

Von den zu diesem Zwecke untersuchten dunklen Oelen wurden einige Tropfen im Reagirglas mit soviel Benzin versetzt, daß eine eben durchsichtige Lösung entstand; von hellen Oelen wurden etwa 2 ccm angewandt. Das Verhalten der Oele zeigt folgende Tabelle:

(Vergleiche die Tabelle auf Seite 312.)

Aus der Tabelle geht hervor, daß zur genaueren Beurtheilung der Löslichkeit in Benzin ein 1—2 tägiges Stehenlassen der Lösung erforderlich ist.

Von großer Bedeutung ist es, bei dem wesentlichen Einfluß, den mechanische Verunreinigungen auf den Nutzwerth der Oele haben[2]), zu erfahren, ob etwa das feine, nach dem Benzinzusatz bemerkbare Pulver, anfänglich in dem Oele gelöst ist. Dies erscheint nicht ausgeschlossen, da die in Benzin nicht klar löslichen Oele aus der Lösung in Petroleum, Benzol, Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl oder Chloroform auch nach 5 tägigem Stehen keinen Bodensatz bilden; ferner vermag helles Mineralöl den Bodensatz aus anderen Oelen in der Wärme leicht zu lösen und scheidet ihn auch nach mehrtägigem Stehen nicht wieder aus. Das Sonnenlicht hatte keinen Einfluß auf die Ausscheidung der unlöslichen Bestandtheile, da sie gleichartig im Hellen wie im Dunklen stattfand. Die Menge der ausgeschiedenen Masse scheint nur von der angewandten Oelmenge abhängig zu sein. Die von dem Bodensatz einer Benzinlösung abgeheberte klare Flüssigkeit blieb nach wochenlangem Stehen, verdünnt oder konzentrirt, im Hellen wie im Dunkeln, unverändert.

Dagegen bildete sich mit der Zeit ein Bodensatz in solchen Lösungen, die nur deshalb klar erschienen, weil die vorhandenen staubartigen festen Bestandtheile in sehr viel Benzin aufgeschwemmt waren.

Versuche, die Menge der ausgeschiedenen, staubartigen Masse zu bestimmen, sind insofern schwierig auszuführen, als ein großer Theil des feinen Pulvers durch das Filter geht; immerhin giebt dessen Färbung ein ungefähres Maß bei vergleichenden Bestimmungen.

Genauer lassen sich schon vergleichende Versuche durch die Volumenbestimmung des Bodensatzes ausführen. Von zwei elsässer Oelen wurde je 1 ccm in einem engen Meßcylinder mit 75 ccm Benzin versetzt und nach dem Schütteln zwei Tage stehen gelassen. Der Bodensatz betrug bei dem ersten Oel 1 ccm, bei dem zweiten 2 ccm und diese Mengen veränderten sich nur wenig nach solange wiederholtem Abhebern der obenstehenden Lösung und Ausspülen mit reinem Benzin, bis dieser nahezu farblos

[1]) Petroleumbenzin vom spezifischen Gewicht 0,705 bei 20 C°.
[2]) s. a. „Mittheilungen" 1889. Ergänzungsheft V S. 56.

Digitized by Google

Laufende Nummer	Herkunft u. Nr. des Oeles	Durchsicht der Lösung			
		sofort	nach 4 Stunden	nach 1 Tag	nach 2 Tagen
	A. Dunkle Oele.				
	I. Deutsche.				
	a) Mineralöle:				
1	1	klar	klar	klar; Bodensatz	—
2	2	"	"	" "	—
3	3	"	"	klar	klar; Bodensatz
4	4	"	"	klar; Bodensatz	—
5	5	"	"	" "	—
6	6	"	geringe Trübung	" "	—
7	7	"	" "	" "	—
8	8	"	" "	" "	—
9	9	"	Trübung; Bodensatz	" "	—
10	10	schwach getrübt	" "	" "	—
11	11	" "	" "	" "	—
12	12	" "	" "	" "	—
13	13	" "	" "	" "	—
14	14	" "	" "	" "	—
	b) Rohöle				
	α. Elsässer				
15	1	klar	geringe Trübung	klar; Bodensatz	—
16	2	"	" "	" "	—
17	3	"	" "	getrübt; Bodensatz	klar; Bodensatz
18	4	"	" "	" "	" "
	β. Hannoversche				
19	1	klar	klar	klar	—
20	2	"	"	"	—
21	3	"	"	"	klar; geringer Bodensatz
	II. Amerikanische.				
22	1	klar	klar	klar	klar; geringer Bodensatz
23	2	"	"	"	" " "
	III. Russische.				
24	1	klar	klar	klar	klar; geringer Bodensatz
25	2	"	"	"	" " "
26	3	"	"	"	" " "
27	4	"	"	"	" " "
28	5	"	"	"	" " "
29	6	"	"	"	klar; Bodensatz
	B. Helle Oele.				
	I. Amerikanische.				
30	1	klar	klar	klar	klar; geringer Bodensatz
31	2	"	"	"	" " "
32	3	"	"	"	" " "
	II. Russische.				
33	1	klar	klar	klar	klar; geringer Bodensatz
34	2	"	"	"	" " "
35	3	"	"	"	" " "
36	4	schwach getrübt	klar; Bodensatz	—	—

Digitized by Google

war. Das starke Färbevermögen der feinen staubartigen Bestandtheile war deutlich bei dieser Gelegenheit zu beobachten.

Nach Versuchen mit verschiedenem Filtrirmaterial, erwies sich ein Asbestpapier mit 20 % Gehalt an Lumpen als zum Filtriren des feinen Pulvers geeignet. Das Filter wurde zum konstanten Gewicht bei 100—110° C. getrocknet, und nachdem die Lösung filtrirt war, mit soviel Benzin ausgespült, bis einige ccm keinen Verdunstungsrückstand mehr hinterließen; hierauf wurde wieder bei 100—110° C. getrocknet.

In Anwendung kamen 3 Oele, bei denen nach den früheren Versuchen am meisten von den unlöslichen Bestandtheilen vorauszusetzen waren: 2 elsässer Mineralöle, und ein elsässer Rohöl.

Tabelle II.

Quantitative Bestimmungen des in Benzin und Aether unlöslichen Rückstandes von Mineralölen.

Bezeichnung des Oeles	Angewandte Oelmenge	Angewandte Menge des Lösungsmittels	Menge des Rückstandes in g	Menge des Rückstandes in %	Zeitraum zwischen Lösung und Filtriren	Das Filtriren erfolgt:	Bemerkungen
Deutsches Mineralöl I.	25 ccm	c. 100 ccm Benzin	0,240	1,9	c. 3 Stunden	sehr langsam	
	10 ccm	c. 75 ccm Aether	0,153	1,7	1 Tag	sehr langsam	
	10 ccm	70 ccm Aether	0,125	1,4	3 Tage	schnell	Filter im Extrahirapparat mit Aether vom Oel befreit.
Deutsches Mineralöl II.	3,663 g	c. 100 ccm Aether	0,080	2,2	21 Tage	schnell	
	30,354 g	c. 200 ccm Benzin	0,574	1,8	1 Stunde	schnell	
	10 ccm	70 ccm Benzin	0,138	1,4	3 Tage	schnell	Filter im Extrahirapparat mit Aether vom Oel befreit
Elsässer Rohöl III.	10 ccm	75 ccm Benzin	0,161	1,8	1 Tag	schnell	
	10 ccm	70 ccm Aether	0,121	1,4	3 Tage	schnell	Filter im Extrahirapparat mit Aether vom Oel befreit.

Nach den in der obigen Tabelle II zusammengestellten Ergebnissen enthalten als Mittel aus 2 Versuchen die genannten Mineralöle 1,8 und 2,0 %, das Rohöl 1,8 % unlösliche Bestandtheile.

Wurden in allen 3 Fällen das gewonnene Pulver noch im Extrahirapparat mit Aether behandelt, so ergab sich den obengenannten Zahlen gegenüber ein Unterschied von 0,4 %.

Das Pulver erwies sich als kohleartig, schwarzbraun, von kaum wahrnehmbarem asphaltartigen Geruch und schwerer als Wasser; es schmilzt bei mehr als 110 C° und verbrennt bei höherer Wärme mit stark rußender Flamme; es löst sich in Petrol-

Digitized by Google

äther, Benzin, Ligroin auch bei Siedehitze nicht, in Aether wenig, in Petroleum in der Wärme zum größten Theil; Schwefelkohlenstoff, Benzol, Chloroform, Aether-Chloroformmischung im Verhältniß 1:4 lösen es bei Zimmerwärme leicht und vollkommen. Schwefel (durch Zusammenschmelzen mit Soda und Salpeter) und Stickstoff (durch Ueberführen in Berliner Blau) waren nicht nachzuweisen[1]).

Auf Grund dieser Eigenschaften ist der in Benzin unlösliche Körper als Asphalt zu bezeichnen, d. h. gehört zu jenen natürlichen Erdharzen[2]), die nach den geologischen Forschungen in naher genetischer Beziehung zu dem Erdöl stehen, insofern sie durch dessen Oxydation entstanden sind[3]). Die Einordnung dieser Körper in ein bestimmtes System[4]) fällt schwer, da über ihre Natur — speziell ihren chemischen Aufbau — wenig Kenntniß herrscht und Verbindungen von ganz verschiedenartigen Verhalten unter demselben Namen zusammengefaßt werden.

Von dem weichen Asphalt von Dax[5]) bis zu dem unschmelzbaren von Pont-Navey findet eine Zunahme des Schmelzpunktes statt, der auch natürlich durch größeren Gehalt an noch nicht völlig verdicktem Erdöl herabgesetzt oder erhöht werden muß.

Große Unterschiede zeigt auch die Löslichkeit[5]): so löst Aether 50 % von dem Asphalt von Dax, 4 % vom Melanasphalt; Terpentinöl leicht den syrischen Asphalt und den von Trinidad, 50 % nur von dem Cubaasphalt; der Asphalt von Bentheim ist dagegen in den üblichen Lösungsmitteln unlöslich.

Dessen ungeachtet läßt sich doch Asphalt im allgemeinen kennzeichnen[3]) als dunkelbrauner bis schwarzer Körper von muscheligem glänzenden Bruch, der Härte 2, dem specifischen Gewicht 1,1 — 1,2, dem Schmelzpunkt von etwa 100 C° und der bei höherer Wärme an der Luft mit rußender Flamme verbrennt. Er ist in Wasser und verdünnten Säuren nicht löslich; in Aether und Alkohol etwas löslich und in Terpentinöl leicht und vollkommen.

Der chemische Aufbau des Asphalts ist im allgemeinen noch nicht befriedigend aufgeklärt[5])[6]); aus dem Pechelbronner Harz wurden durch Destillation ein Oel, genannt Petrolen $C_{20} H_{32}$ vom Siedepunkt 280 C° und ein glänzend schwarzer Rückstand Asphalten $C_{25} H_{40} S_2$ gewonnen[7]).

Selbst in der Elementarzusammensetzung der Asphalte zeigen sich wesentliche Unterschiede — wie sie auch bei einem Körper, der als Zwischenglied in der Kette natürlicher Kohlenwasserstoffe vom wasserstoffärmsten Anthracit bis zum wasserstoffreichsten Erdöl gelten kann — nicht anders zu erwarten sind.

---

[1]) Ueber die Ergebnisse der Elementaranalyse sollen noch besondere Mittheilungen gemacht werden. —

[2]) Von dem „künstlichen" Asphalt, dem bei der Steinkohlentheerdestillation zurückbleibende Pech sei hier abgesehen.

[3]) Ladenburg: Handwörterbuch der Chemie Bd. II p. 53. — Keungott: Handwörterbuch der Mineralogie, Geologie und Paläontologie Bd. II p. 118 — Rammelsberg: Handbuch der Mineralchemie. —

[4]) Auf einen Versuch von Wm. P. Blake, das physikalische Verhalten zur Grundlage einer Klassifikation der Asphalte zu machen, sei hier verwiesen: Transactions of the American Institute of Mining Engineers. II. 1890. —

[5]) Muspratt: Theoretische, praktische und analytische Chemie. 1888 Bd. I p. 1223.

[6]) Engler: Verhandlg. d. V. z. Förd. d. Gewerbefleißes. 1887 p. 659.

[7]) Kayser, Untersuchungen der natürlichen Asphalte. 1879.

Digitized by Google

Die Elementaranalysen von 19 Asphaltarten[1]) von

1. Bastennes;	8. Coxitambo (Peru);	15. Trinidad
2. Pont du Chateau (Auvergne);	9. Pechelbronn I;	16. Pechelbronn III
3. Abruzzen (bei Neapel);	10. Pechelbronn II;	17. Maracaibo
4. Pontnavey;	11. Hatten (Nd. Rhein);	18. Barbados
5. Cuba I	12. Aegypten;	19. Bentheim (Hannover).
6. Cuba II	13. Todtes Meer I	
7. Hillsborough (Albertit);	14. Todtes Meer II	

zeigten Schwankungen im Gehalt an

a) Kohlenstoff: von 88,63 % (Nr. 8) bis 65,92 % (Nr. 4);
b) Wasserstoff: von 12,0 % (Nr. 9) bis 7,3 % (Nr. 4);
c) Stickstoff: enthalten nicht: Nr. 9, 17, 18, 19, enthält dagegen 2,37 % Nr. 2;
d) Sauerstoff: enthalten nicht: 9, 10, 11, 13, 14, 17, 18, 19, enthält dagegen Nr. 4 25,44 %;
e) Schwefel: enthalten nicht Nr. 1 bis 13, Nr. 19; enthalten dagegen Nr. 14, 15 10,0 %.

Wenn der Asphalt als ein Oxydationsprodukt des Erdöls aufzufassen ist[2]), so kann sein Vorkommen in den Mineralölen nicht überraschen; denn das Erdöl, mit keiner dichten Umhüllung versehen, ist einem natürlichen allmählichen Verdickungsprozeß durch die Einwirkung der Luft und durch Verdunstung flüchtiger Bestandtheile ausgesetzt.[3]) Deutlich läßt sich diese allmähliche Zustandsveränderung an dem Elsässer Oelvorkommen verfolgen. Hier läuft parallel mit dem Alter der petroleumführenden Schichten die Beschaffenheit des aufgefundenen Oeles, das in den ältesten tiefsten Schichten bei Schwabweiler dünnflüssig, bei Pechelbronn bergtheerartig und bei Lobsann, den jüngsten höchstliegenden Schichten, erdpechartig-asphaltig ist.[4])

Daß der hohe Gehalt an Asphalt, den die Pechelbronner Springquellenöle zeigen, sie für Schmierzwecke wenig geeignet macht, ist bereits von Engler bemerkt[5]) und als relatives Maß für den Asphaltgehalt der Koksrückstand bei der Destillationsprobe erkannt worden. Dieser betrug bei Oelen aus:

Pechelbronn	7—9,5 %
Oelheim	4,5—5,5 %
Baku	2—2,5 %
Pennsylvanien	1—1,25 %

Sind aber jene Pechelbronner Oele so asphaltreich, daß sie schon bei gewöhnlicher Wärme aufgeschwemmte Bestandtheile erkennen lassen, so enthalten auch andrerseits wie oben ausgeführt, klare, in Benzin anscheinend völlig lösliche Oele geringe Mengen Asphalt, die aus der Benzinlösung gewonnen werden können. Erwähnt sei, daß

---

[1]) Muspratt loc. cit.

[2]) Ueber eine andere Auffassung der Asphaltentstehung durch Einwirkung von Schwefel und Schwefelverbindungen s. Kayser: Untersuchungen über natürliche Asphalte. 1879.

[3]) Engler: loc. cit. S. 687.

[4]) L. Strippelmann: Die Petroleum-Industrie Oesterreich-Deutschlands Abth. III S. 186.

[5]) Engler: loc. cit. p. 694.

Digitized by Google

Jakobsen[1]) schon vorgeschlagen hatte, in ähnlicher Weise durch Zusatz „leichter Petrolöle“ aus Theerölen Asphalt abzuscheiden. Aus diesen Oelen wollte Jakobsen den Kohlenstoff mittelst Schwefelkohlenstoff entfernen, — ein Verfahren, das vielleicht auch für Mineralöle zu erproben wäre.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß die durch Benzin ausgeschiedenen Asphaltstoffe auf Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht 1,530 ohne bemerkbare Einwirkung blieben und auch konzentrirte Schwefelsäure erst in der Hitze gelb färbten.

[1]) Jakobsen: Chem. techn. Repertorium 1869 II S. 107.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von H. S. Hermann in Berlin.

Digitized by Google

Von den im Anschluß an die „**Mittheilungen aus den Königlichen technischen Ver...anstalten**" zur Ausgabe gelangenden

Ergänzungsheften

sind erschienen:

1887.

Heft I. **Die Festigkeitseigenschaften des Magnesiums.** Von A. Martens. Mit 3 Taf. M. ...

Heft II. **Untersuchungen über die Festigkeitseigenschaften und Leitungsfähigkeit an deutschem und schwedischem Drahtmateriale.** Von A. Martens. M. 2,—.

Heft III. 1. **Mikroskopische Untersuchung des Papiers.** Von W. Herzberg. Mit 2 Lichtdrucktafeln. — 2. **Ergebnisse der Prüfungen von Apparaten zur Untersuchung der Festigkeitseigenschaften von Papier.** Von A. Martens. Mit 1 Tafel. M. 5,—.

Heft IV. **Ueber Druckpapiere der Gegenwart.** Von A. Martens. M. 1,—.

1888.

Heft I. Ergänzungen zu den im 2. Ergänzungshefte 1887 veröffentlichten **Untersuchungen über Festigkeitseigenschaften und Leitungsfähigkeit an deutschem und schwedischem Drahtmateriale.** 1) **Bestimmung des elektrischen Leitungswiderstandes von Metalldrähten.** Von Prof. A. Paalzow. Mit 1 Tafel. — 2) **Zusammenhang zwischen der chemischen Zusammensetzung und dem Kleingefüge einerseits und der Leitungsgüte des Telegraphendrahtes andrerseits.** Von Dr. H. Wedding. Mit 7 Tafeln. M. 6,—.

Heft II. **Bericht über die Ergebnisse von Festigkeitsversuchen mit gelötheten Drahtseilen und Drähten.** Von A. Martens. Mit 2 Tafeln. M. 8,—.

Heft III. **Schmieröluntersuchungen.** Von A. Martens. Mit 4 Tafeln. M. 6,—.

Heft IV. **Untersuchung japanischer Papiere.** Von A. Martens. Mit 3 Tafeln. M. 5,—.

Heft V. **Bericht** über die im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe ausgeführten vergleichenden Untersuchungen von **Seilverbindungen für Fahrstuhlbetrieb.** Theil I. Ergebniß der Untersuchungen für ruhende Belastung. Von A. Martens. M. 2,60.

1889.

Heft I. **Resultate der Untersuchungen des in der Eifel vorkommenden vulkanischen Sandes in Bezug auf seine Verwendbarkeit zur Mörtelbereitung.** Von Dr. Böhme. Mit 2 Tafeln. M. 3,—.

Heft II. **Untersuchungen von natürlichen Gesteinen auf Festigkeit, specifisches Gewicht, Härtegrad, Wasseraufnahme, Cohäsionsbeschaffenheit und Wetterbeständigkeit.** Von Dr. Böhme. Mit 1 Tafel. M. 4,—.

Heft III. **Bericht** über die im Auftrage des Herrn Ministers für Landwirthschaft, Domänen und Forsten ausgeführten **Holzuntersuchungen.** Von M. Rudeloff. Mit 2 Taf. M. 7,—.

Heft IV. **Festigkeitsuntersuchungen mit Zinkblechen der schlesischen Aktien-Gesellschaft für Bergbau- und Zinkhüttenbetrieb zu Lipine O.-S.** Von A. Martens. Mit 2 Taf. M. 4,—.

Heft V. **Schmieröluntersuchungen.** Von A. Martens. (Fortsetzung zum Ergänzungsheft III. 1888.) Mit 1 Tafel. M. 10,—.

1890.

Heft I. **Versuche über die Beiz- und Rostsprödigkeit des Eisens und Stahls.** Bericht des Professors A. Ledebur in Freiberg nebst den Versuchsergebnissen der mechanisch-technischen Versuchsanstalt. M. 3,—.

Heft II. **Untersuchungen mit Eisenbahnmaterialien.** Von A. Martens. Mit 5 Tafeln. Preis M. 30,—.

Digitized by Google

Verlag von Julius Springer in Berlin N.
Monbijouplatz 3.

Versuche
über die
Widerstandsfähigkeit ebener Platten.

Von

C. Bach,

Professor des Maschineningenieurwesens an der K. Technischen Hochschule Stuttgart.

Mit in den Text gedruckten Abbildungen.

Preis M. 2,60.

Elasticität und Festigkeit.

Die für die
Technik wichtigsten Sätze und deren erfahrungsmässige Grundlage.

Von

C. Bach,

Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der K. Technischen Hochschule Stuttgart.

Mit in den Text gedruckten Abbildungen und 14 Tafeln in Lichtdruck.

In Leinwand gebunden Preis M. 17,50.

In 3 Sprachen, Deutsch, Englisch, Französisch:

Reductionstabellen
zur
Gauss-Poggendorff'schen Spiegelablesung.

Von

Dr. Paul Czermak,

Privatdozent und Assistent der Physik an der Universität zu Graz.

Mit 7 in den Text gedruckten Figuren.

In Leinwand geb. Preis M. 12,—.

Lehrbuch
der
Allgemeinen Hüttenkunde.

Von

Dr. Carl Schnabel,

Königl. Bergrath und Lehrer für Hüttenkunde an der Königlichen Berg-Akademie zu Clausthal.

Mit 533 Abbildungen.

Preis M. 16,—; geb. in Leinwand M. 17,20.

Digitized by Google

Tafel I.

Fig. 5. Schmiernapf.

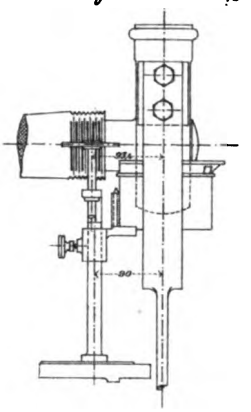


Fig. 6. Grundriss.

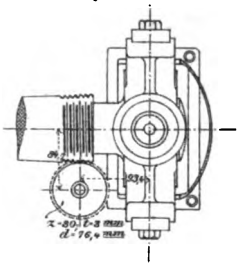


Fig. 15. Schnitt.

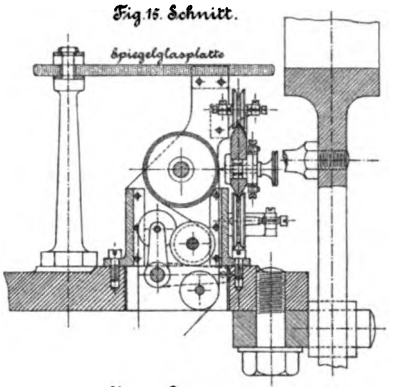


Fig. 16. Grundriss.

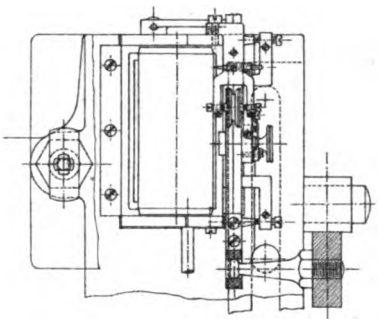


Fig. 17. Schnitt.

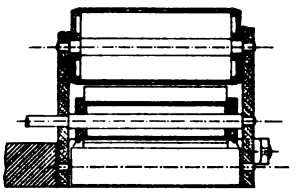
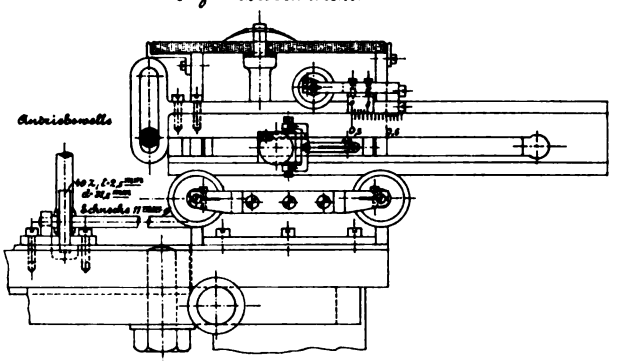


Fig. 18. Vorderansicht.

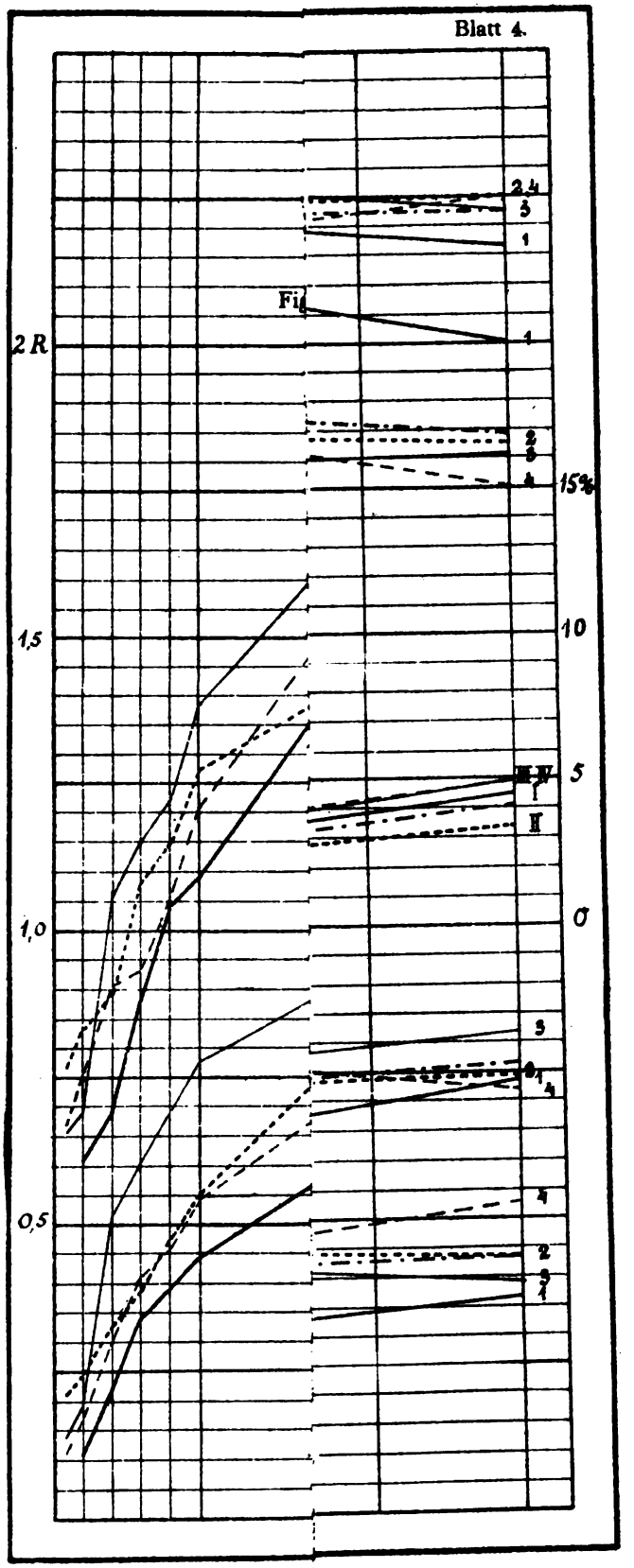


Maassstab zu Fig. 15–18.

Autogr. Anst. von Alfred Müller in Leipzig.

Digitized by Google

Digitized by Google



hie von H. S. Hermann in Berlin SW.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google